

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁶
G11B 5/127

(11) 공개번호 특1999-0037273
(43) 공개일자 1999년05월25일

(21) 출원번호 10-1998-0044178
(22) 출원일자 1998년10월21일
(30) 우선권주장 97-309406 1997년10월22일 일본(JP)
98-236801 1998년08월24일 일본(JP)

(71) 출원인 알프스 덴키 가부시카가이샤 가타오카 마사타카
일본국 도쿄도 오타구 유키가야 오츠카초 1번 7고

(72) 발명자 하세가와 나오야
일본 니이가타현 나가오카시 가와사끼 1-2650-306

사토 마사미찌
일본 니이가타현 나가오카시 후쿠즈미 3-3-5-6에이

오오미나토 가즈야
일본 니이가타현 미쓰게시 쇼와마찌 2-21-15

야마모토 유타카
일본 니이가타현 나가오카시 니시즈마찌 2304-11

마끼노 아키히로
일본 니이가타현 나가오카시 아오바다이 2-7-11

(74) 대리인 박해선, 조영원

심사청구 : 있음

(54) 교환결합막과 이 교환결합막을 이용한 자기저항효과형 소자 및 그 자기저항효과형 소자를 이용한 박막자기헤드

요약

반강자성층 (4) 은 X-Mn (X 는 백금족원소) 으로 형성되어, X 의 조성비가 적절하게 조절됨으로써, 고정자성층 (3) 의 계면구조는 비정합 상태로 되어 있다. 따라서, 열처리를 실시함으로써, 상기 반강자성층 (4) 의 결정구조가 변형되어, 큰 교환이방성자계를 얻을 수 있으므로, 종래에 비하여 더욱 재생특성을 향상시킬 수 있다.

대표도

도1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명의 제 1 실시형태의 싱글스핀밸브형 박막소자의 구조를 ABS 면측에서 본 단면도이다.

도 2 는 본 발명의 제 2 실시형태의 싱글스핀밸브형 박막소자의 구조를 ABS 면측에서 본 단면도이다.

도 3 은 본 발명의 제 3 실시형태의 듀얼스핀밸브형 박막소자의 구조를 ABS 면측에서 본 단면도이다.

도 4 는 본 발명의 제 4 실시형태의 AMR 형 박막소자의 구조를 ABS 면측에서 본 단면도이다.

도 5 는 본 발명에서의 박막자기헤드를 기록매체와의 대향면에서 본 단면도이다.

도 6 은 반강자성층을 PtMn 으로 형성한 경우에서의 열처리전에서의 Pt 량과 상기 반강자성층의 격자정수와의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 7 은 반강자성층을 PtMn 으로 형성한 경우에서의 Pt 량과 교환이방성자계와의 관계를 나타낸 그래프이다.

- 도 8 은 표 1 에 나타난 실시예 ③ 의 다층막의 고분해능 TEM 사진이다.
 도 9 는 표 1 에 나타난 비교예 ⑤ 의 다층막의 고분해능 TEM 사진이다.
 도 10 은 표 1 에 나타난 실시예 ③ 의 다층막에서의 PtMn (반강자성층) 의 규칙화도를 나타낸 그래프이다.
 도 11 은 표 1 에 나타난 실시예 ⑤ 의 다층막에서의 PtMn (반강자성층) 의 규칙화도를 나타낸 그래프이다.
 도 12 는 반강자성층을 Pt-Mn-X' (X'=Ar) 로 형성한 경우의 원소 X' (X'=Ar) 량과 상기 반강자성층의 격자 정수와의 관계를 나타낸 그래프이다.
 도 13 는 반강자성층을 Pt-Mn-X' (X'=Ar) 로 형성한 경우의 원소 X' (X'=Ar) 량과 교환결합자계와의 관계를 나타낸 그래프이다.
 도 14 는 반강자성층을 Pt-Mn-X' (X'=Mo) 로 형성한 경우의 원소 X' (X'=Mo) 량과 상기 반강자성층의 격자 정수와의 관계를 나타낸 그래프이다.
 도 15 는 반강자성층을 Pt-Mn-X' (X'=Mo) 로 형성한 경우의 원소 X' (X'=Mo) 량과 교환결합자계와의 관계를 나타낸 그래프이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 반강자성층과 강자성층으로 이루어져, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면에서 발생하는 교환이방성자계에 의해, 상기 강자성층의 자화방향이 일정한 방향으로 고정되는 교환결합막에 관련되는 것으로, 특히 상기 반강자성층이 원소 X (Pt, Pd 등) 와 Mn을 함유하는 반강자성재료로 형성된 경우, 보다 큰 교환이방성자계를 얻을 수 있도록 한 교환결합막 및 이 교환결합막을 이용한 자기저항효과소자 (스핀밸브형 박막소자, AMR 소자) 에 관한 것이다.

스핀밸브형 박막소자는 거대자기저항효과를 이용한 GMR (giant magnetoresistive) 소자의 1 종으로, 하드디스크 등의 기록매체로부터의 기록자계를 검출하는 것이다.

이 스핀밸브형 박막소자는, GMR 소자 중에서도 비교적 구조가 단순하고, 또한 약한 자계에서 저항이 변화되는 등, 약간의 우수한 점을 갖고 있다.

상기 스핀밸브형 박막소자는, 가장 단순한 구조로, 반강자성층, 고정자성층, 비자성도전층 및 프리자성층으로 이루어진다.

상기 반강자성층과 고정자성층은 접하여 형성되어, 상기 반강자성층과 고정자성층의 계면에서 발생하는 교환이방성자계에 의해, 상기 고정자성층의 자화방향이 일정방향으로 단자구화되어 고정된다.

프리자성층의 자화는, 그 양측에 형성된 바이어스층에 의해, 상기 고정자성층의 자화방향과 교차하는 방향으로 정렬된다.

상기 반강자성층에는 Fe-Mn (철-망간) 합금막, 또는 Ni-Mn (니켈-망간) 합금막, 고정자성층 및 프리자성층에는 Ni-Fe (니켈-철) 합금막, 비자성층 (3) 에는 Cu (구리) 막, 또 바이어스층에는 Co-Pt (코발트-백금) 합금막 등이 일반적으로 사용되고 있다.

이 스핀밸브형 박막소자에서는, 하드디스크 등의 기록매체로부터의 누설자계에 의해, 상기 프리자성층의 자화방향이 변동되면, 고정자성층의 고정자화방향이 관계에서 전기저항이 변화되어, 이 전기저항치의 변화에 근거하는 전압변화에 의해, 기록매체로부터의 누설자계가 검출된다.

그러나, 상기한 바와 같이, 반강자성층에는 Fe-Mn 합금막이나 Ni-Mn 합금막이 이용되는데, Fe-Mn 합금막은 내식성이 낮고, 또 교환이방성자계가 작으며, 또한 블로킹 온도가 150 °C 정도로 낮아지고 있다. 블로킹 온도가 낮음으로써, 헤드의 제조공정중이나 헤드 동작중의 소자온도의 상승에 의해, 교환이방성자계가 소실되는 문제가 발생한다.

이에 대하여, Ni-Mn 합금막은, Fe-Mn 합금막에 비하여, 교환이방성자계가 비교적 크고, 또한 블로킹 온도가 약 300 °C 로 높다. 따라서 반강자성층에는, Fe-Mn 합금막보다도 Ni-Mn 합금막을 이용하는 것이 바람직하다.

또, 비 와이 웡(B.Y.Wong), 시 미쓰마타(C. Mitsumata), 에스 프라카쉬(S.Prakash), 디 이 라우린(D. E. Laughlin) 및 티 고바야시(T. Kobayashi) 에 의한 Journal of Applied Physics, vol.79, No10, p.7896-p.7904 (1996) 에는, Ni-Mn 합금막을 반강자성층으로 이용한 경우의 상기 반강자성층과 고정자성층 (NiFe 합금막) 의 계면구조에 대하여 보고되어 있다.

이 논문에는, 'NiFe 와 Mn 의 양방의 {111} 면이 막면과 평행이 되도록, NiFe/NiMn 계면에서의 결정정합상태를 유지하여 성장하고 있다. 계면에서의 정합변형은, 막면과 평행인 면을 쌍정면(twinning plane)으로 하는 쌍정이 다수 도입됨으로써 완화되어 있다. 단, 잔존되어 있는 계면변형에 의해, 계면 가까이에서의 NiMn 의 규칙화는 낮게 억제되어, 계면으로부터 떨어진 장소에서는 규칙화도가 높아지고 있다' 고 기재되어 있다.

또한, 정합이란, 계면에서의 반강자성층과 고정자성층의 원자가, 1 대 1 로 대응되는 상태를 말하고, 반대로 비정합이란, 계면에서의 반강자성층과 고정자성층과의 원자가 1 쌍의 위치관계에 없는 상태를 말한다.

NiMn 합금으로 반강자성층이 형성되는 경우, 열처리가 실시됨으로써, NiMn 합금과 고정자성층의 계면에, 교환이방성자계가 발생하지만, 이것은 열처리가 실시됨으로써, NiMn 합금이 불규칙격자로부터 규칙격자로 변형하는 것에 의한다.

열처리가 실시되기 전에서는, NiMn 합금의 결정구조는 Ni, Mn 원자의 배열순서가 불규칙한 면심입방격자 (이하, 불규칙격자라 함) 이지만, 열처리가 실시되면, 결정구조는 면심입방격자로부터 면심정방격자로 변형하고, 또한 원자위치가 규칙화 (이하 규칙격자라 함) 된다. 또한 결정구조가 변형한 교환결합막은, 교환결합막의

의 Ni-Mn 합금막의 격자정수 (a, c) 의 비 (c/a) 는 0.942 이다.

이와 같이, 완전히 규칙격자로 된 NiMn 합금막의 격자정수비 (c/a) 는 비교적 1 에 가까운 값이기 때문에, 불규칙격자로부터 규칙격자로 변형할 때에 발생하는 계면에서의 격자변형은 비교적 작아지고 있고, 따라서 NiMn 합금막과 고정자성층의 계면구조가 정합상태에 있어도, 열처리가 실시됨으로써, NiMn 합금이 불규칙격자로부터 규칙격자로 변형하여, 교환이방성자계가 발생한다.

또한 상기의 논문에 기재되어 있는 바와 같이, 계면에서의 격자변형은, 쌍정에 의해 어느 정도 완화되어 있다.

상기한 바와 같이, NiMn 합금은 비교적 교환이방성자계가 크고, 또 블로킹 온도도 약 300 °C 로 높아지고 있어, 종래의 FeMn 합금에 비하여 우수한 특성을 갖고 있지만, 내식성에 관해서는, FeMn 합금과 동일하게 충분하다고는 할 수 없다.

따라서 최근에는, 내식성이 우수하고, 또한 NiMn 합금보다도 큰 교환이방성자계를 발생하여, 높은 블로킹 온도를 갖는 반강자성재료로서, 백금족원소를 이용한 X-Mn 합금 (X=Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os) 이 주목을 받고 있다.

백금족원소를 함유하는 X-Mn 합금을 반강자성층으로 이용하면, 종래에 비하여 재생출력을 향상시킬 수 있고, 또, 헤드구동 동작시의 소자온도의 상승에 의해, 교환이방성자계가 소멸되어 재생특성이 저하된다는 문제점도 발생하기 어려워진다.

그런데, 이 백금원소를 함유하는 X-Mn 합금을 반강자성층으로 이용한 경우, 교환이방성자계를 발생시키기 위해서는, NiMn 합금을 반강자성층으로 이용한 경우와 동일하게, 막형성후 열처리를 할 필요가 있다.

NiMn 합금의 경우, 상술한 문헌에 의하면, 고정자성층 (NiMn 합금) 의 계면구조는 정합상태로 되어 있다고 기재되어 있지만, X-Mn 합금 (X 는 백금족원소) 의 경우도 동일하게, 고정자성층의 계면구조를 정합상태로 해 두면, 열처리를 하여도 교환이방성자계가 거의 발생하지 않는 것을 알 수 있었다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명은 상기 종래의 과제를 해결하기 위한 것으로, 반강자성층으로 원소 X (X 는 백금족원소) 와 Mn 을 함유하는 반강자성층을 이용한 경우, 큰 교환이방성자계를 발생시킬 수 없도록 한 교환결합막, 및 이 교환결합막을 이용한 자기저항효과소자에 관한 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 반강자성층과 강자성층이 접하여 형성되어, 열처리가 실시됨으로써, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면에서 교환이방성자계가 발생하여, 상기 강자성층의 자화방향이 일정방향으로 고정되고, 상기 반강자성층은 적어도 원소 X (단, X 는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 와 Mn 을 함유하는 반강자성층으로 형성되며, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면구조가 비정합상태에 있는 교환결합막이다.

또, 열처리 후에서의 상기 반강자성층의 적어도 일부의 결정구조가, L1₀ 형의 면심정방규칙격자로 되어 있는 것이 바람직하다.

또한 본 발명에서는, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면에서, 상기 반강자성층 및 강자성층의 결정배향이 다른 것이 바람직하다.

본 발명에서는, 상기 강자성층의 {111} 면이, 상기 반강자성층의 계면에 평행인 방향으로 우선 배향되는데 대하여, 상기 반강자성층의 {111} 면의 배향도는, 상기 강자성층의 배향도보다도 작거나, 또는 무배향으로 되어 있다.

또는, 상기 반강자성층의 {111} 면이, 상기 강자성층의 계면에 평행인 방향으로 우선 배향되는데 대하여, 상기 강자성층의 {111} 면의 배향도는, 상기 반강자성층의 배향도보다도 작거나, 또는 무배향으로 되어 있다.

또는, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면에 평행인 방향으로, 상기 반강자성층의 {111} 면의 배향도, 및 상기 강자성층의 {111} 면의 배향도는 모두 작아져 있거나, 또는 무배향으로 되어 있어, 상기 {111} 면 이외의 결정면이 계면에 평행인 방향으로 우선 배향되어, 반강자성층과 강자성층의 결정배향이 다르다.

또 본 발명에서는, 상기 반강자성층은 X-Mn 합금으로 형성되고, 원소 X 는 Pt 인 것이 바람직하다.

또한, 상기 반강자성층이 PtMn 합금으로 형성되는 경우, 열처리후에서의 상기 반강자성층의 격자정수 (a, c) 의 비 (c/a) 는 0.93 ~ 0.99 의 범위내인 것이 바람직하다.

또는 본 발명에서는, 상기 반강자성층은 X-Mn-X' 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 X-Mn-X' 합금은 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 공간격자의 간극에 원소 X' 가 침입한 침입형 고용체이거나, 또는 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 결정격자의 격자점의 일부가 원소 X' 로 치환된 치환형 고용체이다. 특히, 반강자성층으로 이용되는 X-Mn-X' 합금의 원소 X 는 Pt 이다. 즉 상기 반강자성층은, Pt-Mn-X' 합금으로 형성되어 있는 것이 바람직하다.

또한 본 발명에서는, 상기 반강자성층으로 이용되는 X-Mn-X' 합금의 원소 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는, 상기 원소 X' 는 Ne, Ar, Kr, Xe 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다.

또 본 발명에서는, 상기 반강자성층이 X-Mn-X' 합금으로 형성되는 경우, X' 의 조성비는 at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.5 ~ 5 의 범위내이다.

또한 본 발명에서는, 상기 반강자성층이 X-Mn-X' 합금으로 형성되는 경우, 원소 X 와 Mn 의 조성비의 비율 X : Mn 은, 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 것이 바람직하다.

또한 상기 반강자성층으로 이용되는 X-Mn-X' 합금은 스퍼터링법으로 형성되는 것이 바람직하다.

본 발명에서는, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 위에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X의 조성비는 at% 로 47 ~ 57의 범위내인 것이 바람직하다.

또 본 발명에서는, 상기 반강자성층이 X-Mn-X' 합금 (단, X는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이고, X'는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 위에 형성되어 있으며, X-Mn-X' 합금의 X+X'의 조성비는 at% 로 47 ~ 57의 범위내인 것이 바람직하다.

또한 본 발명에서는, X-Mn 합금의 X의 조성비, 또는 X-Mn-X' 합금의 X+X'의 조성비는 at% 로 50 ~ 56의 범위내인 것이 보다 바람직하다.

본 발명에서는, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X의 조성비는 at% 로 44 ~ 57의 범위내인 것이 바람직하다.

또 본 발명에서는, 상기 반강자성층이, X-Mn-X' 합금 (단 X'는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있고, X-Mn-X' 합금의 X+X'의 조성비는 at% 로 44 ~ 57의 범위내인 것이 바람직하다.

또한 본 발명에서는, X-Mn 합금의 X의 조성비, 또는 X-Mn-X' 합금의 X+X'의 조성비는 at% 로 46 ~ 55의 범위내인 것이 보다 바람직하다.

이상과 같이 하여 형성된 교환결합막은, 본 발명에서는, 여러 가지의 자기저항효과소자에 사용가능하다.

먼저 본 발명에서의 싱글스핀밸브형 박막소자는, 반강자성층과, 이 반강자성층과 접하여 형성되어, 상기 반강자성층과의 교환이방성자계에 의해 자계방향이 고정되는 고정자성층과, 상기 고정자성층에 비자성도전층을 통하여 형성된 프리자성층과, 상기 프리자성층의 자화방향을 상기 고정자성층의 자화방향과 교차하는 방향으로 정렬시키는 바이어스층과, 고정자성층과 비자성도전층과 프리자성층에 검출전류를 부여하는 도전층을 갖고, 상기 반강자성층과의 반강자성층과 접하여 형성된 고정자성층이, 상술한 교환결합막에 의해 형성되어 있는 것이다.

또 본 발명에서는, 상기 싱글스핀밸브형 박막소자의 프리자성층의 상측 또는 하측에, 트랙폭 (Tw)의 간격을 두어 반강자성층이 형성되고, 상기 반강자성층과 프리자성층이, 상기의 교환결합막에 의해 형성되어 있는 것 보다 좋다.

또 본 발명에서의 듀얼스핀밸브형 박막소자는, 프리자성층의 상하에 적층된 비자성도전층과, 일방의 상기 비자성도전층의 위 및 타방의 비자성도전층의 아래에 위치하는 고정자성층과, 일방의 상기 고정자성층의 위 및 타방의 고정자성층의 아래에 위치하여, 교환이방성자계에 의해 각각의 고정자성층의 자화방향을 일정한 방향으로 고정하는 반강자성층과, 상기 프리자성층의 자화방향을 상기 고정자성층의 자화방향과 교차하는 방향으로 정렬시키는 바이어스층을 갖고, 상기 반강자성층과 이 반강자성층과 접하여 형성된 고정자성층이, 상술한 교환결합막에 의해 형성되어 있는 것이다.

또한 본 발명에서의 AMR 소자는, 비자성층을 통하여 중복된 자기저항층과 연자성층을 갖고, 상기 자기저항층의 상측 또는 하측에 트랙폭 (Tw)의 간격을 두어 반강자성층이 형성되고, 상기 반강자성층과 자기저항층이, 상술한 교환결합막에 의해 형성되어 있는 것이다.

또 본 발명에서의 박막자기헤드는, 상술한 자기저항효과소자의 상하에 갭층을 통하여 실드층이 형성되어 있는 것이다.

본 발명에서는, 반강자성층으로, 적어도 원소 X (X=Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중의 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소)와 Mn을 함유하는 반강자성층을 사용한 경우, 강자성층과의 계면구조를 비정합상태로서, 적절히 교환이방성자계를 얻을 수 있도록 하는 것이다.

강자성층과의 계면구조를 비정합상태로 하는 이유는, 열처리를 실시했을 때, 반강자성층의 결정구조를, 불규칙격자로부터 규칙격자로 적절히 변형시켜, 보다 큰 교환이방성자계를 발생시키기 위해서이다. 이하에, 상기 비정합상태와 교환이방성자계와의 관계에 대하여 상술한다.

먼저, 비정합상태란, 반강자성층과 강자성층의 계면에서, 상기 반강자성층측의 원자와, 강자성층측의 원자가 1 대 1로 대응하고 있지 않아, 원자의 위치관계가 다른 것을 말하는 데, 이와 같이 계면구조를 비정합상태로 하기 위해서는, 열처리전에 있어서의 반강자성층의 격자정수를 적절히 제어하여 둘 필요가 있다.

본 발명에서는, 상기 반강자성층은, 예를 들면 X-Mn 합금 (단, X는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중의 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소)로 형성된다.

본 발명에서는, 상기 X-Mn 합금의 X의 조성비를 적절히 선택하여, 열처리전의 X-Mn 합금의 격자정수의 값과, 강자성층 (예를 들면 NiFe 합금)의 격자정수값과 차이가 커지도록 되어 있다.

막형성단계 (열처리전)의 X-Mn 합금의 결정구조와 강자성층의 결정구조는 모두, X, Mn 원자의 배열순서가 불규칙한 면심입방격자 (이하, 불규칙격자라 함)로 되어 있는데, 본 발명에서는 상술한 바와 같이, X-Mn 합금의 격자정수와 강자성층의 격자정수의 차이를 크게 하고 있으므로, 막형성 단계 (열처리전)에서의 X-Mn 합금과 강자성층의 계면구조는 비정합상태로 되기 쉬워지고 있다.

이와 같이 본 발명에서는, 반강자성층으로서 X-Mn 합금 (X는 Pt, Pd 등)을 사용한 경우, 원소 X의 조성비를 적절히 선택함으로써, 반강자성층과 강자성층의 계면상태를 비정합상태로 하고 있는데, 또한 본 발명에서는, 희가스원소 (Ne 나 Ar 등) 등의 원소 X'를 X-Mn 합금에 함유시킴으로써, 반강자성층의 격자정수를 크게 할 수 있어, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면구조를 비정합상태로 하는 것이 가능해지고 있다.

또 본 발명에서는, X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금과 강자성층의 결정배향이 다르도록 해 두는 것이 바람직하다. 결정배향도는 기초층의 존재여부나, 조성비, 스퍼터링 막형성시의 전력가스압 등의 제조건, 또는 막의 적층순 등에 의해 변경할 수 있다.

이와 같이, X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금과 강자성층의 결정배향이 다르도록 해 두는 것은, 예를 들면 강자성층의 {111} 면이, 막면에 평행으로 우선 배향되어, 동일하게 X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금의 {111} 면이, 막면에 평행으로 우선 배향되어 있으면, 계면구조는 비정합상태로는 되기 어려워지기 때문이다.

따라서 본 발명에서는, 예를 들면 강자성층의 {111} 면이, X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금의 계면에 평행인 방향으로 우선 배향되어 있는 경우, X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금의 {111} 면의 배향도는, 상기 강자성층의 배향도보다도 작거나, 또는 무배향이 되도록 적절히 제어함으로써, 계면구조를 비정합상태로 유지할 수 있게 된다.

이상과 같이, 계면구조가 비정합상태가 되도록, X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금과 강자성층을 적층한 후, 열처리를 실시함으로써, X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금과 강자성층의 계면에서 교환이방성자계가 발생하지만, 이 교환이방성자계의 발생은 X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금의 결정구조가, 상기 불규칙상으로부터 X, Mn 원자의 배열순서가 규칙성으로 결정된 면심정방격자로 변형하는 것에 의한다.

또한, 본 발명에서는, 상기 면심정방격자는 단위격자의 6 면 중, 측면의 4 면의 중심을 X 원자가 차지하고, 단위격자의 모서리, 및 상면 및 하면의 중심에 Mn 원자가 차지하는, 소위 L₁0 형의 면심정방격자 (이하, 규칙격자라 함) 로, 열처리후의 X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금의 적어도 일부의 결정구조가 상기 규칙격자로 되어 있을 필요가 있다.

이상과 같이, 열처리를 실시함으로써 X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금의 결정구조가, 불규칙격자로부터 규칙격자로 변형하여, 교환이방성자계가 발생하는데, 이 변형시에 발생하는 격자변형은, X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금의 것이 NiFe 합금에 비하여 커져 있다.

본 발명에서는, 상술한 바와 같이, X-Mn 합금의 조성비를 적정화시킴으로써, 또는 X-Mn 합금에 제 3 원소로서 원소 X'를 첨가함으로써, 열처리전에 있어서의 X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금과 강자성층의 계면구조를 비정합상태로 할 수 있다.

반강자성층과 강자성층의 계면구조를 비정합상태로 하면, 열처리를 실시함으로써, X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금의 결정구조는 불규칙격자로부터 규칙격자로 변형하기 쉬워지고, 따라서, 상기 계면에서 큰 교환이방성자계가 발생한다.

또한, X-Mn 합금 (X=Pt, Pd 등), 또는 X-Mn-X' 합금 (X'=Ne, Ar 등) 은, FeMn 합금이나 NiMn 합금 등에 비하여 내식성이 우수하고, 또 FeMn 합금 등에 비하여, 블로킹온도도 높으며, 또한 교환이방성자계 (HeX) 가 큰 것 등 반강자성재료로서 우수한 특성을 갖고 있다.

또, 본 발명에서는 X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금을 구성하는 원소 X 에 Pt를 선택하는 것이 바람직하다.

이상 상술한, X-Mn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금으로 형성된 반강자성층과 강자성층으로 이루어지는 교환결합막은, 자기저항효과소자에 적용할 수 있다.

본 발명에서는, 예를 들면 상기 자기저항효과소자로서 싱글스핀밸브형 박막소자 및 듀얼스핀밸브형 박막소자의 반강자성층과 고정자성층을, 상기 교환결합막으로 형성하고 있다.

이로써, 상기 고정자성층의 자화를 일정방향으로 강고하게 고정할 수 있게 되어, 종래에 비하여 우수한 재생 특성을 얻는 것이 가능해지고 있다.

또, 엑스체인지바이어스 방식에 의해, 예를 들면 싱글스핀밸브형 박막소자의 프리자성층, 또는 AMR 소자의 자기저항효과소자층의 자화방향을 일정한 방향으로 정렬시킬 경우, 엑스 체인지 바이어스층과 프리자성층, 또는 엑스체인지바이어스층과 자기저항층을 상기 교환결합막으로 형성하여도 된다.

이로써, 상기 프리자성층 및 자기저항층의 자화를 일정방향으로 적절히 정렬시키는 것이 가능해져, 우수한 재생 특성을 얻을 수 있다.

실시에

도 1 은 본 발명의 제 1 실시형태의 싱글스핀밸브형 박막소자의 구조를 ABS 면측에서 본 단면도이다. 또한, 도 1 에서는 X 방향으로 신장되는 소자의 중앙부분만을 파단하여 나타내고 있다.

이 싱글스핀밸브형 박막소자는, 하드디스크 장치에 설치된 부상식 슬라이더의 트레일링층 단부 등에 설치되어, 하드디스크 등의 기록자계를 검출하는 것이다. 또한 하드디스크 등의 자기기록매체의 이동방향은 Z 방향으로, 자기기록매체로부터의 누설자계의 방향은 Y 방향이다.

도 1 의 가장 아래에 형성되어 있는 것은 Ta (탄탈) 등의 비자성재료로 형성된 기초층 (6) 이다. 이 기초층 (6) 의 위에 프리자성층 (1), 비자성도전층 (2), 고정자성층 (3), 및 반강자성층 (4) 이 적층되어 있다. 그리고, 상기 반강자성층 (4) 의 위에 Ta (탄탈) 등의 보호층 (7) 이 형성되어 있다.

또 도 1 에 나타난 바와 같이, 기초층 (6) 으로부터 보호층 (7) 까지의 6 층의 양측에는, 하드바이어스층 (5, 5) 이 형성되고, 상기 하드바이어스층 (5, 5) 의 위에는 도전층 (8, 8) 이 적층되어 있다.

본 발명에서는 상기 프리자성층 (1) 및 고정자성층 (3) 이, NiFe 합금, CoFe 합금, Co 합금, Co, CoNiFe 합금 등으로 형성되어 있다.

또한 도 1 에 나타난 바와 같이 프리자성층 (1) 은 1 층으로 형성되어 있지만, 이것이 다층구조로 형성되어도 된다. 다시말하면, 상기 프리자성층 (1) 이, 예를 들면 NiFe 합금과 CoFe 합금이 적층된 구조로 되어 있어도 되며, NiFe 합금과 Co 가 적층된 구조이어도 된다.

상기 프리자성층 (1) 과 고정자성층 (3) 의 사이에 개재하는 비자성도전층 (2) 은 Cu 로 형성되어 있다. 또한, 하드바이어스층 (5, 5) 은, 예를 들면 Co-Pt (코발트-백금) 합금이나 Co-Cr-Pt (코발트-크롬-백금) 합금 등으로 형성되어 있고, 도전층 (8, 8) 은, Cu (구리) 나 W (텅스텐), Cr (크롬) 등으로 형성되어 있다.

본 발명에서는, 고정자성층 (3) 위에 형성되어 있는 반강자성층 (4) 은, 적어도 원소 X (단, X 는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중의 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 와 Mn을 함유하는 반강자성재료로 형성되어 있다.

계면에서의 상기 반강자성층 (4) 의 적어도 일부의 결정구조는, $L1_0$ 형의 면심정방격자 (이하, 규칙격자라 함) 로 되어 있다.

여기에서, $L1_0$ 형의 면심정방격자란, 단위격자의 6 면 중, 측면의 4 면의 중심을 X 원자 ($X=Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os$) 가 차지하고, 단위격자의 모서리, 및 상면 및 하면의 중심에 Mn 원자가 차지하는 것을 말한다.

또 본 발명에서는, 고정자성층 (3) 과 반강자성층 (4) 의 결정배향이 달라 있는 것이, 고정자성층 (3) 과 반강자성층 (4) 의 계면구조가, 비정합상태로 되기쉬운 점에서 바람직하다.

도 1 에 나타난 싱글스핀밸브형 박막소자에서는, Ta 의 기초층 (6) 이 깔려 있으므로, 상기 기초층 (6) 위에 형성되는 프리자성층 (1), 비자성도전층 (2) 및 고정자성층 (3) 의 {111} 면은, 막면에 대하여 평행인 방향으로 우선배향되어 있다.

이에 대하여, 상기 고정자성층 (3) 위에 형성되는 반강자성층 (4) 의 {111} 면은, 상기 고정자성층 (3) 의 {111} 면의 배향도에 비하여 작거나, 또는 무배향으로 되어 있다. 다시말하면, 도 1 에 나타난 고정자성층 (3) 과 반강자성층 (4) 의 계면부근에서의 결정배향은 다른 것으로 되어 있고, 따라서 상기 계면에서의 구조가 비정합상태로 되기쉬워지고 있다.

본 발명에서는 열처리전의 단계로부터, 고정자성층 (3) 과 반강자성층 (4) 의 계면구조를 비정합상태로 하고 있는데, 이것은 열처리를 실시함으로써, 상기 반강자성층 (4) 의 결정구조를, 불규칙격자 (면심입방격자) 로부터 상술한 규칙격자로 변형시켜, 적절한 교환이방성자계를 얻을 수 있도록 하기 위해서이다.

바꿔말하면, 계면구조가 정합상태에 있으면, 열처리를 하여도, 상기 반강자성층 (4) 의 결정구조가, 불규칙격자로부터 규칙격자로 변형되기 어렵고, 따라서 교환이방성자계를 얻을 수 없다는 문제가 발생한다.

본 발명에서는, 상기 반강자성층 (4) 은, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중의 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되어 있다. 특히 본 발명에서는, 상기 반강자성층 (4) 이 PtMn 합금으로 형성되어 있는 것이 바람직하다.

X-Mn 합금, 특히 PtMn 합금은, 종래부터 반강자성층으로 사용되고 있는 FeMn 합금, NiFe 합금 등에 비하여 내열성이 우수하고, 또 블로킹 온도도 높으며, 또한 교환이방성자계 (Hex) 가 큰 것 등 반강자성재료로 우수한 특성을 갖고 있다.

본 발명에서는, 상기 반강자성층 (4) 이 PtMn 합금으로 형성되어 있는 경우, 열처리를 실시한 후, 다시말하면 적어도 일부의 결정구조가 규칙격자로 된 상기 반강자성층 (4) 의 격자정수 (a, c) 의 비 (c/a) 는, 0.93 ~ 0.99 의 범위내인 것이 바람직하다.

격자정수 (a, c) 의 비 (c/a) 가 0.93 이하가 되면, 상기 반강자성층 (4) 의 결정구조의 거의 전부가 규칙격자로 되는데, 이와 같은 상태로 되면, 상기 고정자성층 (3) 과 반강자성층 (4) 의 밀착성이 저하되어, 막의 박리 등이 발생하여 바람직하지 않다.

격자정수 (a, c) 의 비 (c/a) 가 0.99 이상이 되면, 상기 반강자성층 (4) 의 결정구조의 거의 전부가 불규칙격자로 되어, 상기 반강자성층 (4) 과 고정자성층 (3) 의 계면에서 발생하는 교환이방성자계가 작아져 바람직하지 않다.

그러나 상기 반강자성층 (4) 이, X-Mn 합금 (단 X는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중의 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되는 경우, 열처리전의 단계에서, 고정자성층 (3) 과 반강자성층 (4) 의 계면구조를 비정합상태로 하기 위해, 본 발명에서는, 상기 X-Mn 합금의 조성비를 하기의 수치내로 설정하고 있다.

상기 반강자성층 (4) 이, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중의 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 또한 도 1 에 나타난 바와 같이 상기 반강자성층 (4) 이 고정자성층 (3) 위에 형성되는 경우, X-Mn 합금의 원소 (X) 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 X-Mn 합금의 원소 (X) 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내이다.

상술한 조성비내에서 반강자성층 (4) 을 형성하면, 열처리전, 다시말하면 결정구조가 불규칙격자로 되어 있는 단계에서의 상기 반강자성층 (4) 의 격자정수와, 고정자성층 (3) 의 격자정수와 차이를 크게 할 수 있으며, 따라서 열처리전에, 상기 고정자성층 (3) 과 반강자성층 (4) 의 계면구조를 비정합상태로 유지할 수 있다.

이 상태에서 열처리를 실시하면, 상기 반강자성층 (4) 의 결정구조의 변화에 의해, 교환이방성자계가 발생하여, 상술한 바와 같이 X-Mn 합금의 원소 X 의 조성비의 조성비가 at% 로 47 ~ 57 의 범위내이면, 400 (Oe : 에르스테드) 이상의 교환이방성자계를 얻을 수 있다. 또 X-Mn 합금의 원소 X 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내이면, 600 (Oe) 이상의 교환이방성자계를 얻을 수 있다.

이와 같이 본 발명에서는, 반강자성층 (4) 으로서 X-Mn 합금을 사용한 경우, 원소 X 의 조성비를 상술한 범위내에서 형성함으로써, 열처리전의 상기 반강자성층 (4) 과 고정자성층 (3) 의 계면구조를 비정합상태로 유지할 수 있다.

또 본 발명에서는, X-Mn 합금에, 제 3 원소로서 원소 X'를 첨가함으로써, 반강자성층 (4) 의 격자정수를 크게 할 수 있어, 열처리전에서의 반강자성층 (4) 과 고정자성층 (3) 의 계면구조를 비정합상태로 할 수 있다.

X-Mn 합금에 원소 X'를 더한 X-Mn-X' 합금은 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 공간격자의 간극에 원소 X' 가 침입한 침입형 고용체이거나, 또는 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 결정격자의 격자점의 일부가, 원소 X' 로 치환된 치환형 고용체이다. 여기에서 고용체란, 넓은 조성범위에 걸쳐, 균일하게 성분이 서로 섞인 고체를 가리킨다. 또한 본 발명에서는 원소 X 는 Pt 인 것이 바람직하다.

그러나 본 발명에서는 상기 X-Mn-X' 합금을 스퍼터링법으로 막형성하고 있다. 스퍼터링법으로, 상기 X-Mn-X' 합금은 비평형상태에서 막형성되고, 막형성된 X-Mn-X' 합금은, 막 중의 원소 X' 가, 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 공간격자의 간극에 침입하거나, 또는, 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 결정격자의 격자점의 일부가, 원소 X' 로 치환된다. 이와 같이, 상기 원소 X' 가, X-Mn 합금의 격자에 침입형이거나 또는 치환형으로 고용됨으로써, 격자는 퍼져, 반강자성층 (4) 의 격자정수는, 원소 X'를 첨가하지 않은 경우에 비하여 커진다.

또 본 발명에서는 원소 X'로서 여러 가지 원소를 사용하는 것이 가능하지만, 반응성이 높은 원소계인 Ni, Co,

된다고 생각되어 바람직하지 않다. 본 발명에서의 구체적인 원소 X'는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 (Sc, Y 및 란타노이드 (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu)) 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다.

상기에 나타난 여러 가지 원소 X'의 어느것을 사용하여도, 스퍼터링에 의해, 반강자성층 (4)의 격자정수를 크게 할 수 있지만, 특히 치환형으로 고용하는 원소 X'를 사용하는 경우는, 상기 원소 X'의 조성비가 너무 커지면, 반강자성층으로서의 특성이 저하되어, 고정자성층 (3)의 계면에서 발생하는 교환결합자계가 작아진다.

특히 본 발명에서는, 침입형으로 고용하여, 불활성가스의 희가스원소 (Ne, Ar, Kr, Xe 등 1 종 또는 2 종 이상)를 원소 X'로서 사용하는 것이 바람직하다고 되어 있다. 희가스원소는 불활성가스이므로, 희가스원소가, 막중에 함유되어도, 반강자성 특성에 크게 영향을 주는 일이 없고, 또한, Ar 등은, 스퍼터링법가스로서 종래부터 스퍼터링 장치내에 도입되는 가스로, 가스압이나 스퍼터링입자의 에너지를 적정하게 조절하는 것만으로, 용이하게, 막중에 Ar을 침입시킬 수 있다.

또한, 원소 X'에 가스계의 원소를 사용한 경우에는, 막중에 다량의 원소 X'를 함유하는 것은 곤란하지만, 희가스의 경우에는, 막중에 미량 침입시키는 것만으로, 열처리에 의해 발생하는 교환결합자계를, 비약적으로 크게 할 수 있는 것이 실험에 의해 확인되고 있다.

또한 본 발명에서는, 원소 X'의 조성비의 범위를 설정하고 있고, 바람직한 상기 원소 X'의 조성범위는, at%로 0.2부터 10 이고, 보다 바람직하게는, at%로 0.5부터 5 이다. 또 이 때, 원소 X와 Mn과의 조성비의 비율 X : Mn은 4:6 ~ 6:4의 범위내인 것이 바람직하다. 원소 X'의 조성비와, 원소 X와 Mn과의 조성비의 비율 X : Mn을, 상기 범위내에서 조정하면, 막형성 단계 (열처리전)에서의 반강자성층 (4)의 격자정수를 크게 할 수 있고, 또한, 열처리를 실시함으로써 반강자성층 (4)과 고정자성층 (3)의 계면에서 발생하는 교환결합자계를, 원소 X'를 함유하지 않은 경우에 비하여, 크게 할 수 있다.

또한 본 발명에서는, X-Mn-X' 합금 (단 X는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이고, X'는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다)로 형성된 반강자성층 (4)이, 도 1에 나타난 바와 같이, 고정자성층 (3)위에 형성되는 경우, 상기 X-Mn-X' 합금의 X+X'의 조성비는 at%로 47 ~ 57의 범위내인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는, X-Mn-X' 합금의 X+X'의 조성비는 at%로 50 ~ 56의 범위내이다.

열처리를 실시함으로써 반강자성층 (4)과 고정자성층 (3)의 계면에서 발생하는 교환결합자계에 의해, 상기 고정자성층 (3)의 자화는, 도 1에 나타난 Y 방향으로 단자구화되어 고정된다. 또한, 반강자성층 (4)으로서 사용되는 X-Mn-X' 합금의 원소 X'가 예를 들면 가스계의 원소인 경우에는, 열처리를 실시함으로써, 상기 원소 X'가 막중에서 빠져나와, 막형성된 단계에서의 원소 X'의 조성비보다도, 열처리후의 원소 X'의 조성비는 작아지거나, 또는 완전히 상기 X'가 막중에서 빠져나와, 조성이 X-Mn으로 되는 일이 있는데, 막형성단계 (열처리전)에서의 고정자성층 (3)과 반강자성층 (4)의 계면구조가 비정합상태로 되어 있으면, 열처리를 실시함으로써, 상기 반강자성층 (4)의 결정구조는, 불규칙격자 (면심입방격자)로부터 규칙격자로 적정하게 변형되어, 큰 교환이방성자계를 얻을 수 있다.

또 프리자성층 (1)은, 그 양측에 형성되어 있는 하드바이어스층 (5, 5)에 의해, 도시의 X 방향으로 정렬된다.

도 1에 나타난 싱글스핀밸브형 박막소자에서는, 도전층 (8)으로부터 프리자성층 (1), 비자성도전층 (2) 및 고정자성층 (3)에 정상전류 (센스전류)가 부여되고, 또한 기록매체로부터 Y 방향으로 자계가 부여되면, 프리자성층 (1)의 자화방향이 X 방향으로부터 Y 방향으로 향하여 변화한다. 이 때, 전도전자가, 비자성도전층 (2)과 고정자성층 (3)의 계면, 또는 비자성도전층 (2)과 프리자성층 (1)의 계면에서 산란을 일으켜, 전기저항이 변화한다. 따라서 전압이 변화되어 검출출력을 얻을 수 있다.

도 2는 본 발명의 제 2 실시형태의 싱글스핀밸브형 박막소자의 구조를 나타낸 단면도이다.

도 2에 나타난 바와 같이, 아래에서부터 기초층 (6), 반강자성층 (4), 고정자성층 (3), 비자성도전층 (2) 및 프리자성층 (1)이 연속되어 적층되어 있다.

또한, 도 2에 나타난 반강자성층 (4)은, 도 1에 나타난 반강자성층 (4)과 동일하게, X-Mn 합금 (단 X는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다), 바람직하게는 PtMn 합금, 또는 X-Mn-X' 합금 (단 X'는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다)으로 형성되어 있다.

또한, 고정자성층 (3), 비자성도전층 (2) 및 프리자성층 (1)은, 도 1에서 설명한 재료로 형성되어 있다.

이 실시예에서도, 고정자성층 (3)과 반강자성층 (4)의 계면구조는, 비정합상태로 되어 있고, 또 계면에서의 상기 반강자성층 (4)의 적어도 일부의 결정구조는, L1₀형의 면심입방격자 (이하, 규칙격자라 함)로 되어 있다.

또 Ta의 기초층 (6)위에 형성된 상기 반강자성층 (4)의 {111}면은, 계면에 평행인 방향으로 우선배향되지만, 도 2에 나타난 바와 같이, 상기 반강자성층 (4)위에 고정자성층 (3)이 형성되면, 상기 고정자성층 (3)의 {111}면의 계면방향에 대하는 배향도는, 상기 반강자성층 (4)의 배향도보다도 작거나, 또는 무배향으로 되기 쉬운 경향이 있다. 이와 같이, 도 2에서는, 계면에서의 상기 반강자성층 (4)과 고정자성층 (3)의 결정배향은 다르고, 따라서 더욱 계면구조를 비정합상태로 하는 것이 가능해지고 있다.

그러나, 반강자성층 (4)이 X-Mn 합금 (단 X는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다)으로 형성되고, 도 2에 나타난 바와 같이, 반강자성층 (4)이 고정자성층 (3)아래에 형성되는 경우, 반강자성층 (4)을 구성하는 X-Mn 합금의 원소 X의 조성비는 at%로 44 ~ 57의 범위내인 것이 바람직하다. 이 범위내이면, 400 (Oe) 이상의 교환이방성자계를 얻을 수 있다. 보다 바람직하게는 X-Mn 합금의 원소 X의 조성비는 at%로 46 ~ 55의 범위내이다. 이 범위내이면 600 (Oe) 이상의 교환이방성자

이와 같이 상술한 조성범위내이면 교환이방성자계를 크게 할 수 있는 것은, 열처리전에서의 반강자성층 (4)의 격자정수 (불규칙격자) 와, 고정자성층 (3)의 격자정수와의 차이를 크게 할 수 있어, 열처리전에서의 계면구조를 비정합상태로 할 수 있기 때문이다.

따라서 열처리를 실시함으로써, 계면에서의 상기 반강자성층 (4)의 적어도 일부의 결정구조를, 불규칙격자로부터 교환이방성자계를 발휘하기 위해 필요한 규칙격자로 변형시키는 것이 가능해진다.

또 상기 반강자성층 (4)이, $X-Mn-X'$ 합금 (단 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1종 또는 2종 이상의 원소이다) 으로 형성되는 경우, 상기 $X-Mn-X'$ 합금은, 스퍼터링법으로 형성되고, 원소 X와 Mn으로 구성되는 공간격자의 간극에 원소 X' 가 침입한 침입형 고용체이거나, 또는 원소 X와 Mn으로 구성되는 결정격자의 격자점의 일부가, 원소 X' 로 치환된 치환형 고용체로 이루어져 있다.

원소 X' 를 막중에 함유하는 반강자성층 (4)의 격자정수는, 상기 원소 X' 를 함유하지 않은 반강자성층 (4)의 격자정수에 비하여 커져, 막형성 단계 (열처리전)에서의 반강자성층 (4)과 고정자성층 (3)의 계면구조를 비정합상태로 유지할 수 있다.

또한 본 발명에서는, 막중에 차지하는 원소 X' 의 조성비를, at%로 0.2 ~ 10의 범위내로 하고, 보다 바람직한 조성범위를 at%로 0.5 ~ 5의 범위내로 하고 있다. 또 원소 X' 를 상기 조성범위내에서 형성하고, 또한, 원소 X와 Mn과의 조성비의 비율 $X:Mn$ 을, 4:6 ~ 6:4의 범위내로 하면, 보다 큰 교환결합자계를 얻을 수 있다.

또 본 발명에서는, 도 2에 나타난 바와 같이, $X-Mn-X'$ 합금으로 형성된 반강자성층 (4)이 고정자성층 (3)의 하측에 형성되는 경우, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는, at%로 44 ~ 57의 범위내인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at%로 46 ~ 55의 범위내이다.

또한, 도 2에 나타난 고정자성층 (3)의 자화는, 반강자성층 (4)의 계면에서 발생하는 교환이방성자계에 의해, 도시의 Y 방향으로 단자구화되어 고정되어 있다.

도 2에 나타난 바와 같이, 프리자성층 (1) 위에는, 트랙폭 (Tw)의 간극을 두어 엑스체인지바이어스층 (9 : 반강자성층)이 형성되어 있다.

또한 이 엑스체인지바이어스층 (9)은, $X-Mn$ 합금 (단 X는, Pt, Pd, Ir, Rh, u, Os 중 어느 하나의 1종 또는 2종 이상의 원소이다), 바람직하게는 PtMn 합금, 또는 $X-Mn-X'$ 합금 (단 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1종 또는 2종 이상의 원소이다)으로 형성되어 있다.

$X-Mn$ 합금의 원소 X의 조성비는 at%로 47 ~ 57의 범위내로 되어 있다. 보다 바람직하게는 $X-Mn$ 합금의 원소 X의 조성비는 at%로 50 ~ 56의 범위내이다. 또한 이 조성범위는, 도 1에서 설명한 반강자성층 (4)의 조성범위와 동일하다. 또, $X-Mn-X'$ 합금의 경우, 원소 X' 의 조성비는 at%로 0.2 ~ 10의 범위내이고, 보다 바람직한 조성범위는 at%로 0.5 ~ 5의 범위내이다. 또 원소 X와 Mn과의 조성비의 비율 $X:Mn$ 은, 4:6 ~ 6:4의 범위내인 것이 바람직하다. 또한, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at%로 47 ~ 57의 범위내로 되어 있는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at%로 50 ~ 56의 범위내이다.

상술한 조성범위내이면, 프리자성층 (1)과 엑스체인지바이어스층 (9)의 계면구조는 비정합상태로 되어, 적어도 계면에서 400 (Oe) 이상의 교환이방성자계를 얻을 수 있지만, 도 2에 나타난 바와 같이, 상기 엑스체인지바이어스층 (9, 9)은, 트랙폭 (Tw) 부분에는 형성되어 있지 않으므로, 프리자성층 (1)의 양단부분이, 강하게 교환이방성자계의 영향을 받아 도시의 X 방향으로 단자구화되어, 프리자성층 (1)의 트랙폭 (Tw) 영역의 자화는, 외부자계에 대하여 반응하는 정도로 도시의 X 방향으로 적절하게 정렬되어 있다.

이와 같이 하여 형성된 싱글스핀밸브형 박막소자에서는, 도시의 Y 방향의 외부자계에 의해, 프리자성층 (1)의 트랙폭 (Tw) 영역의 자화가 도시의 X 방향으로부터 도시의 Y 방향으로 변환한다. 이 프리자성층 (1)내에서의 자화방향의 변동과, 고정자성층 (3)의 고정자화방향 (도시의 Y 방향)의 관계에서 전기저항이 변화되어, 이 전기저항값의 변화에 근거하는 전압변화에 의해, 상기 매체로부터의 누설자계가 검출된다.

도 3은 본발명의 제 3 실시형태의 듀얼스핀밸브형 박막소자의 구조를 나타내는 단면도이다.

도면에 나타난 바와 같이, 아래부터 기초층 (6), 반강자성층 (4), 고정자성층 (3), 비자성도전층 (2) 및 프리자성층 (1)이 연속되어 적층되어 있다. 또한 상기 프리자성층 (1) 위에는, 비자성도전층 (2), 고정자성층 (3), 반강자성층 (4) 및 보호층 (7)이 연속되어 적층되어 있다.

또, 기초층 (6)으로부터 보호층 (7)까지의 다층막의 양측에는 하드바이어스층 (5, 5), 도전층 (8, 8)이 적층되어 있다.

또한, 각 층은 도 1 및 도 2에서 설명한 제질과 동일재질로 형성되어 있다.

도 3에 나타난 바와 같이, 프리자성층 (1)보다도 하측에 형성되어 있는 반강자성층 (4)은, 고정자성층 (3)아래에 형성되어 있으므로, 도 2에 나타난 반강자성층 (4)과 동일하게, 상기 반강자성층 (4)을 구성하는 $X-Mn$ 합금의 원소 X의 조성비는 at%로 44 ~ 57의 범위내인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 $X-Mn$ 합금의 원소 X의 조성비는 at%로 46 ~ 55의 범위내이다.

또, 프리자성층 (1)보다도 상측에 형성되어 있는 반강자성층 (4)은, 고정자성층 (3)위에 형성되어 있으므로, 도 1에 나타난 반강자성층 (4)과 동일하게, 상기 반강자성층 (4)을 구성하는 $X-Mn$ 합금의 원소 X의 조성비는 at%로 47 ~ 57의 범위내인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 $X-Mn$ 합금의 원소 X의 조성비는 at%로 50 ~ 56의 범위내이다.

이 조성범위내이면, 열처리전에서의 고정자성층 (3)의 격자정수와 반강자성층 (4)의 격자정수와의 차이를 크게 할 수 있으므로, 열처리전에서의 계면구조를 비정합상태로 할 수 있으며, 따라서 열처리를 실시함으로써, 계면에서의 상기 반강자성층 (4)의 일부의 결정구조를 불규칙격자로부터 교환이방성자계를 발휘하는데 필요한 규칙격자로 변형시키는 것이 가능하다. 또한 상기 반강자성층 (4)이 PtMn 합금으로 형성되는 경우 열처리후에서이 상기 반강자성층 (4)이 격자정수 (a c) 이 비 (c/a) 는 0.93 ~ 0.99 의 범위내인 것이

바람직하다.

또, 반강자성층 (3) 과 고정자성층 (3) 의 결정배향도 다르므로, 보다 계면구조를 비정합상태로 하는 것이 가능해지고 있다.

상술한 조성범위내이면, 적어도 400 (Oe) 이상의 교환이방성자계를 얻을 수 있지만, 반강자성층 (4)을 고정자성층 (3) 아래에 형성하는 것이, 고정자성층 (3) 위에 형성하는 것보다도, X-Mn 합금의 원소 X 의 조성비의 범위를 약간 넓게 할 수 있다.

또 반강자성층 (4) 이 X-Mn-X' 합금으로 형성되는 경우는, 원소 X' 의 조성비는, at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내이고, 보다 바람직한 조성범위는 at% 로 0.5 ~ 5 의 범위내이다. 또 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 X:Mn 은 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 것이 바람직하다.

또한 프리자성층 (1) 보다도 하층에 형성되어 있는 반강자성층 (4) 의 경우, 상기 반강자성층 (4)을 구성하는 X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내이다.

또, 프리자성층 (1) 보다도 상층에 형성되어 있는 반강자성층 (4) 의 경우, 상기 반강자성층 (4)을 구성하는 X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내이다.

상기 조성범위내이면, 열처리전에서의 고정자성층 (3) 의 격자정수와 반강자성층 (4) 의 격자정수와의 차이를 크게 할 수 있고, 열처리전에서의 계면구조를 비정합상태로 할 수 있으며, 따라서 열처리를 실시함으로써, 계면에서의 상기 반강자성층 (4) 의 일부의 결정구조를 불규칙격자로부터 교환이방성자계를 발휘하는 데에 필요한 규칙격자로 변형시키는 것이 가능하다.

또한 이 듀얼스핀밸브형 박막소자도 도 1 에 나타난 싱글스핀밸브형 박막소자와 동일하게, 고정자성층 (3) 은, 교환이방성자계에 의해, 도시의 Y 방향으로 단자구화되어 고정되어 있고, 프리자성층 (1) 의 자화는, 하드 바이어스층 (5, 5) 의 영향을 받아 도시의 X 방향으로 정렬되어 있다.

도전층 (8) 으로부터 프라자성층 (1), 비자성도전층 (2) 및 고정자성층 (3) 에 정상전류가 부여되고, 또한 기록매체로부터 Y 방향으로 자계가 부여되면, 프리자성층 (1) 의 자화는 도시의 X 방향으로부터 Y 방향으로 변동되어, 이 때 비자성도전층 (2) 과 프리자성층 (1) 의 계면, 및 비자성도전층 (2) 과 고정자성층 (3) 의 계면에서 스핀에 의존한 전도전자의 산란이 일어남으로써, 전기저항이 변화되어, 기록매체로부터의 누설자계가 검출된다.

또한 도 1 및 도 2 에 나타난 싱글스핀밸브형 박막소자에서는, 스핀에 의존한 전자의 산란을 일으키는 장소가, 비자성도전층 (2) 과 프리자성층 (1) 의 계면, 및 비자성도전층 (2) 과 고정자성층 (3) 의 계면의 2 개소인데 대하여, 도 3 에 나타난 듀얼스핀밸브형 박막소자에서는, 전도전자의 산란이 일어나는 장소가, 비자성도전층 (2) 과 프리자성층 (1) 의 2 개소의 계면과, 비자성도전층 (2) 과 고정자성층 (3) 의 2 개소 계면의 합계 4 개소이기 때문에, 듀얼스핀밸브형 박막소자의 것이 싱글스핀밸브형 박막소자에 비하여 큰 저항변화율을 얻을 수 있다.

도 4 는 본 발명의 제 4 실시형태의 AMR 형 박막소자의 구조를 나타낸 단면도이다.

도면에 나타난 바와 같이, 아래부터 연자성층 (SAL:10), 비자성층 (SHUNT 층), 및 자기저항층 (MR 층:12) 이 연속하여 적층되어 있다.

예를 들면 상기 연자성층 (10) 은 Fe-Ni-Nb 합금, 비자성층 (11) 은 Ta 막, 자기저항층 (12) 은 NiFe 합금으로 형성되어 있다.

상기 자기저항층 (12) 의 위에는, 트랙폭 (Tw)을 둔 X 방향 양측의 부분에 엑스체인지바이어스층 (반강자성층: 9,9) 이 형성되고, 또한, 상기 엑스체인지바이어스층 (9, 9) 위에는, Cr 막 등으로 형성된 도전층 (13, 13) 이 형성되어 있다.

도 4 에 나타난 엑스체인지바이어스층 (9, 9) 은, 도 2 에 나타난 엑스체인지바이어스층 (9, 9) 과 동일하게, X-Mn 합금, 바람직하게는 PtMn 합금으로 형성되어 있고, X-Mn 합금의 원소 X 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내로 되어 있다. 보다 바람직하게는 X-Mn 합금의 원소 X 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내이다.

또 상기 엑스체인지바이어스층 (9, 9) 은, X-Mn-X' 합금 (단 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되어 있고, 원소 X' 의 조성비는, at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내이고, 보다 바람직한 조성범위는 at% 로 0.5 ~ 5 의 범위내이다. 또 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 X:Mn 은 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 것이 바람직하다. 또, 도 4 에 나타난 엑스체인지바이어스층 (9, 9) 은, 도 2 에 나타난 엑스체인지바이어스층 (9, 9) 과 동일하게, X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내로 되어 있다. 보다 바람직하게는 X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내이다.

이상 X-Mn 합금 또는 X-Mn-X' 합금의 조성비를 상술한 범위내에서 형성하면, 상기 엑스체인지바이어스층 (9, 9) 과 자기저항층 (12) 의 계면구조는 비정합상태로 되어, 열처리를 실시함으로써, NiFe 합금의 자기저항층 (12) 의 막두께가 200 ~ 300 옹스트롬의 경우는 상기 계면에서 약 40 ~ 110 (Oe) 의 교환이방성자계가 얻어지고, 특히, NiFe 합금의 자기저항층의 막두께가 약 200 옹스트롬의 경우에는 약 60 ~ 110 (Oe) 의 교환이방성자계가 얻어지며, 도 4 에 나타난 자기저항층 (12) 의 B 영역이, 도시의 X 방향으로 단자구화된다. 그리고 이것에 유발되어 상기 자기저항층 (12) 의 A 영역의 자화가 도시의 X 방향으로 정렬된다. 또, 검출전류가 자기저항층 (12)을 흐를 때에 발생하는 전류자계가, 연자성층 (10) 에 Y 방향으로 인가되어, 연자성층 (10) 이 초래하는 정자결합에너지에 의해, 자기저항층 (12) 의 A 영역에 횡바이어스자계가 Y 방향으로 부여된다. X 방향으로 단자구화된 자기저항층 (12) 의 A 영역에 이 횡바이어스층이 부여됨으로써, 자기저항층 (12) 의 A 영역의 자계변화에 대한 저항변화 (자기저항효과특성 : H-R 효과특성) 가 직선성을 갖는 상태로 설정된다.

저항값이 변화되어, 이것이 전압변화되어 검출된다.

이상 상술한 바와 같이, 본 발명에서는, 반강자성층 (4 : 또는 엑스체인자바이어스층 (9))을 X-Mn 합금 (단 X는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중의 어느하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다), 바람직하게는 PtMn 합금으로 형성할 때에, 상기 반강자성층 (4)의 조성비를 적정하게 조절함으로써, 상기 반강자성층 (4)과, 이 반강자성층 (4)과 접하여 형성되는 고정자성층 (3) (또는 프리자성층 (1) 또는 자기저항층 (12))의 계면구조를 비정합상태로 할 수 있고, 따라서 보다 큰 교환이방성자계를 얻을 수 있어, 종래에 비하여 재생특성을 높일 수 있는 것이 가능하다. 또는, 상기 반강자성층 (4) (또는 엑스체인자바이어스층 (9))을 원소 X와 Mn 이외에, 제 3 원소로서 원소 X' (단 X'는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다)를 첨가함으로써, 상기 원소 X'를 첨가하지 않은 경우에 비하여, 반강자성층 (4)의 격자정수를 크게 할 수 있으므로, 상기 반강자성층 (4)과, 이 반강자성층 (4)과 접하여 형성되는 고정자성층 (3) (또는 프리자성층 (1) 또는 자기저항층 (12))의 계면구조를 비정합상태로 할 수 있으며, 따라서, 보다 큰 교환이방성자계를 얻을 수 있어, 종래에 비하여 재생특성을 높이는 것이 가능하다.

또 반강자성층 (4)과 고정자성층 (3)의 결정배향을 다르게 해두는 것이, 보다 계면구조를 비정합상태로 하기 쉽게 할 수 있는 점에서 바람직하다.

또 계면구조를 비정합상태로 해둠으로써 교환이방성자계를 얻을 수 있는 것은, 열처리를 실시함으로써, 상기 반강자성층 (4)의 결정구조를 불규칙격자로부터 규칙격자로 변형시킬 수 있기때문이지만, 모든 결정구조가 규칙격자로 변형되면 말착성 등에 문제가 발생하기 때문에, 일부의 결정구조만이 규칙격자로 변형되어 있는 것이 바람직하다. 예를 들면 상기 반강자성층 (4)이 PtMn 합금으로 형성되는 경우, 열처리후에서의 상기 반강자성층 (4)의 격자정수 (a, c)의 비 (c/a)는, 0.93 ~ 0.99의 범위내인 것이 바람직하다 (참고로 모든 결정구조가 규칙격자로 변형된 경우, 상기 격자정수 (a, c)의 비 (c/a)는 0.918이다).

또한, 본 발명에서는, 자기저항효과소자층의 구조를 도 1 ~ 도 4에 나타난 구조에 한정하는 것은 아니다. 예를 들면 도 1에 나타난 싱글스핀밸브형 박막소자의 경우, 하드바이어스층 (5, 5)을 형성하지 않고, 프리자성층 (1)의 하측에 트랙폭 (Tw)의 간격을 두어 엑스체인자바이어스층을 형성하여도 되고, 도 2에 나타난 싱글스핀밸브형 박막소자의 경우, 엑스체인자바이어스층 (9, 9)을 형성하지 않고, 기초층 (9)부터 보호층 (7)까지의 6층의 양측, 또는 적어도 프리자성층 (1)의 양측에 하드바이어스층을 형성하여도 된다.

도 5는, 도 1로부터 도 4에 나타난 자기저항효과소자층이 형성된 판독헤드의 구조를 기록매체와의 대향면측에서 본 단면도이다.

부호 (20)는, 예를 들면 NiFe 합금 등으로 형성된 하부 실드층으로, 이 하부실드층 (20)의 위에 하부갭층 (21)이 형성되어 있다. 또 하부갭층 (21) 위에는, 도 1로부터 도 4에 나타난 자기저항효과소자층 (22)이 형성되어 있고, 또한 상기 자기저항효과소자층 (22) 위에는 상부갭층 (23)이 형성되고, 상기 상부갭층 (23) 위에는 NiFe 합금 등으로 형성된 상부 실드층 (24)이 형성되어 있다.

상기 하부갭층 (21) 및 상부갭층 (23)은, 예를 들면 SiO₂나 Al₂O₃ (Aluminium oxide) 등의 절연체로 형성되어 있다. 도 5에 나타난 바와 같이, 하부갭층 (21)으로부터 상부갭층 (23)까지의 길이가 갭길이 (G1)이고, 이 갭길이 (G1)가 작을수록 고기록밀도화에 대응할 수 있는 것으로 되어 있다.

실시예

본 발명에서는, 먼저 하기에 나타난 막구성으로 이루어지는 다층막을 막형성하고, 반강자성층을 구성하는 일 원소의 Pt 량과, 상기 반강자성층의 격자정수와의 관계에 대하여 조사하였다.

막구성으로서는, 아래부터, Si 기판/알루미나/기초층:Ta(100)/고정자성층:NiFe(300)/반강자성층:PtMn(300)/Ta(100)의 순서로 적층하였다. 또한 상기 괄호내의 수치는 막두께를 나타내고 있고 단위는 옹스트롬이다.

실험은 열처리를 하지않은 단계에서, X 선회절의 $\theta/2\theta$ 법으로, Pt 량과 반강자성층의 격자정수와의 관계를 회절패턴의 피크위치에서 구하였다.

도 6에 나타난 바와 같이, Pt 량이 증가함에 따라, 반강자성층 (PtMn)의 격자정수가 커지는 것을 알 수 있다. 또 고정자성층을 구성하는 NiFe 합금, CoFe 합금, 또는 Co의 격자정수는, 도면에 나타난 바와 같이, 약 3.5 ~ 3.6의 범위이다.

다음에, 반강자성층을 고정자성층의 아래, 또는 위에 형성한 2개의 다층막을, DC 마그네트론스퍼터링법으로 막형성하고, 열처리를 실시한 후에서의 Pt 량 (반강자성층을 구성하는 일원소)와 교환이방성자계와의 관계에 대하여 조사하였다. 그 실험결과를 도 7에 나타낸다.

반강자성층이, 고정자성층의 아래에 형성되어 있는 막형성으로서는, 아래부터, Si기판/알루미나/기초층:Ta(50)/반강자성층:PtMn(300)/고정자성층:Co₉₀Fe₁₀(30)/보호층:Ta(100)의 순서로 적층되고, 상기 반강자성층이 고정자성층의 위에 형성되어 있는 막구성으로서는 아래부터, Si기판/알루미나/Ta(50)/고정자성층:Co₉₀Fe₁₀(30)/반강자성층(300)/보호층:Ta(100)의 순서로 적층하였다. 또한, 상기 괄호내의 수치는 막두께를 나타내고 있고, 단위는 옹스트롬이다.

또 열처리 공정에서의 조건으로서는,

먼저 3시간에 걸쳐 승온을 하고, 다음에 240도의 온도상태를 3시간 유지하여, 또한, 강온을 3시간동안 하였다. 또한, 열처리진공도를 5×10^{-6} Torr 이하로 하였다.

도 7에 나타난 바와 같이, 반강자성층 (PtMn 합금)이, 고정자성층의 하측에 있는 경우, 및 상측에 있는 경우 모두, Pt 량이 약 50 at% 까지 커짐에 따라, 교환이방성자계는 높아져 가고, Pt 량이 약 50 at% 이상으로 되면, 교환이방성자계는 서서히 작아지고 있는 것을 알 수 있다.

400 (Oe) 이상의 교환이방성자계를 얻기 위해서는, 반강자성층 (PtMn)을 고정자성층의 하측에 형성한 경우, Pt 량을 44 ~ 57 at%의 범위내에서, 반강자성층 (PtMn)을 고정자성층의 상측에 형성한 경우, Pt 량을 47 ~ 57 at%의 범위내에서 적정하게 조절하면 되는 것을 알 수 있다.

도 600 (Oe) 이상의 교환이방성자계를 얻기 위해서는, 반강자성층 (PtMn)을 고정자성층의 하측에 형성한 경우, Pt 량을 46 ~ 55 at% 의 범위내에서, 반강자성층 (PtMn)을 고정자성층의 상측에 형성한 경우, Pt 량을 50 ~ 56 at% 의 범위내에서 적절히 조절하면 되는 것을 알 수 있다.

이상의 실험결과로부터, 반강자성층 (PtMn)의 조성비를 적절하게 조절한 실시예로서 4 종류의 다층막을 막 형성하고, 비교예로서 1 종류의 다층막을 막형성하여, 각 막의 배향성이나, 교환이방성자계 등에 대하여 조사하였다. 그 결과를 표 1에 나타냈다.

[표 1]

	막구성	PtMn 기판 (at%)	PtMn/C o-Fe 계면에 서의 격 자정합	PtMn 의 {111} 배향	강자성층 /Cu/강자 성층부분 의 {111} 배향	240℃ 열 처리 후 의 PtMn 의 규칙 화도	교환이 방성자 계결합 Hex(Oe)	저항변 화율 (%)
실 시 예	① 기판/ 알루미나/Ta(30 Å)/PtMn(300 Å)/Co-Fe(30 Å)/Cu(22 Å)/Co-Fe(10 Å)/Ni-Fe(70 Å)/Ta(50Å)	Pt49Mn 51	없음	중	약	O	770	6.7
	② 기판/ 알루미나/PtMn(3 00Å)/Co(30 Å)/Cu(24 Å)/Ni-Fe(80 Å)/Ta(50Å)	Pt50Mn 50	없음	약	약	O	730	4.5
	③ 기판/ 알루미나/Ta(50 Å)/Ni-Fe(70 Å)/Co-Fe(10 Å)/Cu(28 Å)/Co-Fe(30 Å)/PtMn(300 Å)/Ta(50Å)	Pt51Mn 49	없음	약	강	O	620	5.7
	④ 기판/ 알루미나/Ta(30 Å)/PtMn(200 Å)/Co-Fe(30 Å)/Cu(22 Å)/Co-Fe(10 Å)/Ni-Fe(60 Å)/Co-Fe(10 Å)/Cu(22 Å)/Co-Fe(30 Å)/PtMn(200 Å)/Ta(50Å)	Pt49Mn 51	없음	중	약	O	610	9.3
비 교 예	⑤ ③과 동일	Pt44Mn 56	있음	강	강	X	40	0.2

실시예 ① ~ ③ 까지의 다층막은, 싱글스핀밸브형 박막소자이고, 실시예 ④의 다층막은 듀얼스핀밸브형 박막소자이다. 또 비교예 ⑤의 다층막은, 실시예 ③의 다층막과 동일한 막구성으로, 반강자성층 (PtMn)의 조성비만이 다르다.

또 실시예 ①의 다층막에는, Cu (비자성도전층) 위에, Co-Fe와 Ni-Fe가 적층되어 있는데, 이 2층으로 프리자성층이 구성되어 있다. 동일하게 실시예 ③의 다층막에는, Cu (비자성도전층)의 아래에, Ni-Fe와 Co-Fe가 적층되어 있는데, 이 2층으로 프리자성층이 구성되어 있다. 또 실시예 ④의 다층막에는, 2개의 Cu (비자성도전층)의 사이에, CoFe, Ni-Fe, 및 Co-Fe가 적층되어 있는데, 이 3층으로 프리자성층이 구성되어 있다.

표 1에 나타낸 바와 같이, 실시예 ① ~ ④ 까지의 다층막에서는, PtMn (반강자성층)과 CoFe (고정자성층)의 계면에서의 격자정합은 '없음'으로 되어 있는데 대하여, 비교예 ⑤의 다층막에서는, 계면에서의 격자정합은 '있음'으로 되어 있다.

또 '240℃ 열처리후의 PtMn의 규칙화도'의 란을 보면, 실시예 ① ~ ④의 다층막에서는 'O'로 되어 있는데 대하여, 비교예 ⑤의 다층막에서는 'X'로 되어 있다.

또한 '교환이방성자계' 및 '저항변화율'의 란을 보면, 실시예 ① ~ ④ 까지의 다층막에서는 큰 교환이방성자

① ~ ④의 다층막에 비하여 매우 작아져 있는 것을 알 수 있다.

이상의 실험결과는, PtMn 합금의 조성비에 관계하고 있다. 표 1에 나타난 바와 같이, 비교예 ⑤에서의 PtMn의 Pt량은 44 at%인 것에 대하여, 실시예 ① ~ ④까지의 PtMn의 Pt량은, 49 ~ 51 at%로 되어 있다.

이 때문에, 도 6(열처리전)을 참조하면, 비교예 ⑤의 PtMn의 격자정수는, 실시예 ① ~ ④까지의 PtMn의 격자정수보다도 작아져 있고, 비교예 ⑤의 것이 실시예 ① ~ ④에 비하여, PtMn(반강자성층)의 격자정수와, Co-Fe(고정자성층)의 격자정수와의 차이가 작아지고 있는 것을 알 수 있다.

즉, 열처리전의 단계에서, 비교예 ⑤의 다층막에서는, PtMn과 CoFe와의 계면구조가 정합상태로 되기 쉽고, 한편, 실시예 ① ~ ④까지의 다층막에서는, PtMn과 CoFe와의 계면구조가 비정합상태로 되기 쉬워져 있다.

열처리전에서는, 실시예 ① ~ ④ 및 비교예 ⑤의 PtMn의 결정구조는, 불규칙격자(면심입방격자)로 되어 있는데, 계면구조가 정합상태로 되어 있는 비교예 ⑤에서는 열처리를 실시하여도, PtMn의 결정구조는 불규칙격자로부터 규칙격자로 변형할 수 없어, 규칙화는 똑같이 진행되지 않는 상태로 되어 있다.

이에 대하여, 계면구조가 비정합상태로 되어 있는 실시예 ① ~ ④의 다층막에서는, 열처리를 실시함으로써, PtMn의 결정구조가 불규칙격자로부터 일부가 규칙격자(L1₀형의 면심정방격자)로 변형하여, 규칙화가 충분히 진행된 것으로 되어 있다.

도 8은, 열처리후에서의 실시예 ③의 PtMn과 CoFe와의 계면구조를 나타낸 고분해능 TEM 사진이다.

도 8에 나타난 바와 같이, PtMn과 CoFe와의 계면에서는, PtMn의 원자의 배열방향과 CoFe의 원자의 배열방향이 정렬하고 있지 않아, 비정합상태로 되어 있는 것을 알 수 있다.

한편, 도 9는, 열처리후에서의 비교예 ⑤의 PtMn과 CoFe와의 계면구조를 나타낸 고분해능 TEM 사진이다.

도 9에 나타난 바와 같이, PtMn과 CoFe와의 계면에서는, PtMn의 원자의 배열방향과 CoFe의 원자의 배열방향이 정렬되어 있어, 정합상태로 되어 있는 것을 알 수 있다.

또, 도 10은, 실시예 ③의 다층막에서의 PtMn의 규칙화도를, 도 11은 비교예 ⑤의 다층막에서의 PtMn의 규칙화도를 측정된 열처리후의 실험결과이다.

실험은, PtMn에서의 2개의 등가인 {111}면이 이루는 각도를 측정하고, 그 이루는 각도로부터 규칙화도를 구하였다. 또한 횡축은, PtMn과 CoFe와의 계면으로부터 PtMn측으로의 거리를 나타내고 있다.

도 10에 나타난 바와 같이, {111}면이 이루는 각도의 측정값은, 약 65°로부터 약 72°범위내에 흩어져 있고, PtMn의 결정구조는, 열처리전의 불규칙격자의 일부가 변화되어, 규칙격자로 되어 있는 것을 알 수 있다.

이에 대하여, 도 11에서는, {111}면이 이루는 각도의 측정값이, 약 70° ~ 약 71°의 범위내에 들어가 있어, PtMn의 결정구조는 열처리를 하여도 열처리전의 불규칙격자의 상태를 유지한 상태로 되어 있는 것을 알 수 있다.

이상과 같이, 실시예 ① ~ ④의 다층막에서는, PtMn의 Pt량을 49 ~ 51 at%로 함으로써, 계면구조를 비정합상태로 할 수 있고, 따라서, 규칙화를 적절하게 진행시킬 수 있으므로, 도 7을 보아도 알 수 있는 바와 같이, PtMn과 CoFe와의 계면에서 발생하는 교환이방성자계는 매우 큰 값을 갖고 있다.

한편, 비교예 ⑤의 다층막에서는, PtMn의 Pt량이 44 at%로 낮으므로, 계면구조는 정합상태로 되고, 따라서 규칙화가 적절하게 진행되지 않고, 도 7을 보아도 알 수 있는 바와 같이, PtMn과 CoFe와의 계면에서 발생하는 교환이방성자계는 매우 작은 값으로 된다.

또 PtMn과 CoFe와의 계면구조를 비정합상태로 하는 위해서는, PtMn의 결정배향과, CoFe의 결정배향을 다르게 해 두는 것이 바람직하다.

또한, 표 1에 나타난 {111}면의 배향도의 '강' '중' '약'은, 막면방향에 대하는 우선배향도를 나타내고 있다.

표 1에 나타난 바와 같이, 비교예 ⑤의 PtMn의 {111}면의 배향도, 및 CoFe(고정자성층)의 {111}면의 배향도는 모두 '강'으로 되어 있다.

이것은, 실시예 ③의 막구성을 참조하면, Ta의 위에 형성된 NiFe, CoFe(프리자성층), Cu(비자성도전층) 및 CoFe(고정자성층)는, 기초층으로서의 Ta의 영향을 강하게 받아, {111}면의 배향도는 강해져, 도 6을 참조하여 알 수 있는 바와 같이 열처리전에서의 CoFe(고정자성층)의 격자정수와 PtMn(반강자성층)의 격자정수와의 차이가 작기 때문에, PtMn의 {111}면은, CoFe의 {111}면의 배향도의 영향을 강하게 받아, 막면방향으로 우선배향된다.

이에 대하여, 실시예 ③에서는 Ta 위에 형성된 NiFe, CoFe(프리자성층), Cu(비자성도전층) 및 CoFe(고정자성층)는, 기초층으로서의 Ta의 영향을 강하게 받아, {111}면의 배향도는 강해지지만, 도 6을 참조하여 알 수 있는 바와 같이 열처리전에서의 CoFe(고정자성층)의 격자정수와 PtMn(반강자성층)의 격자정수와의 차이는 크기 때문에, PtMn의 {111}면은, CoFe의 결정배향의 영향을 너무 받지 않아, 막면방향에서의 배향도는 약해지고 있다.

또 PtMn의 위에 CoFe(고정자성층)가 적층되어 있는 실시예 ①②의 경우에는, CoFe가 PtMn 위에 형성되면, CoFe의 {111}면의 배향도는 약해지고, 따라서 PtMn과 CoFe와의 결정배향은, 자동적으로 다른 방향으로 향하게 된다.

다음에 본 발명에서는, 반강자성층을 Pt-Mn-X'(X'=Ar)합금으로 형성하고, 원소 X'량과, Pt-Mn-X'합금의 격자정수와의 관계에 대하여 조사하였다. 실험에 사용한 막구성은 아래부터,

Si 기판/알루미늄/Ta(50)/Co₉₀Fe₁₀(30)/Pt-Mn-X'(300)/Ta(100)이다. 또한 괄호내의 수치는 막두께를 나타내고 있고, 단위는 옴스트롬이다.

준비하여, 각 타깃을 이용하여, 원소 X' 가 되는 Ar 의 도입가스를 변화시키면서, DC 마그네트론 스퍼터링 및 이온빔스퍼터링에 의해, Pt-Mn-X' (X'=Ar) 합금막을 형성하였다. 그리고, Pt-Mn-X' (X'=Ar) 합금막 중에 차지하는 X' (X'=Ar) 량과, Pt-Mn-X' (X'=Ar) 의 격자정수와의 관계에 대하여 측정하였다. 그 실험 결과를 도 12 에 나타낸다.

도 12 에 나타낸 바와 같이, Pt 와 Mn 과의 조성비의 비율이, 6:4, 5:5 및 4:6 의 어느하나의 경우에서도, 원소 X' (X'=Ar) 량이 커짐으로써, Pt-Mn-X' (X'=Ar) 의 격자정수는 커지는 것을 알 수 있다. 또한, 고정자성층을 구성하는 NiFe 합금, CoFe 합금, 또는 Co 의 격자정수는, 도 12 에 나타낸 바와 같이, 약 3.5 ~ 3.6 의 범위이다. 또, 이 실험에서는, 원소 X' (X'=Ar) 량을 4 at% 정도까지로 하고, 그 이상 큰 함유량의 경우에 대하여 실험을 시도하고 있지 않지만, 이것은, 원소 X' 가 되는 Ar 은 가스원소이기 때문에, 가스압을 상승하여도, 막중에 Ar 을 함유하기 어려운 것에 의한 것이다.

다음에, 상기의 실험에 사용한 Pt-Mn-X' (X'=Ar) 합금막에 대하여, 이하에 기재하는 열처리공정을 하였다. 열처리공정에서의 조건으로서, 먼저 3 시간에 걸쳐 승온을 하고, 다음에 240 도의 온도상태를 3 시간 유지하며, 또한, 3 시간에 걸쳐 강온을 하였다. 또한, 열처리진공도를 5×10^{-6} Torr 이하로 하였다.

도 13 은, Pt-Mn-X' (X'=Ar) 합금막의 원소 X' (X'=Ar) 량과, 상기 열처리에 의해, 반강자성층과 고정자성층의 계면에 발생한 교환결합자계의 크기와의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 13 에 나타낸 바와 같이, 원소 X' (X'=Ar) 량이 커지면, 교환결합자계는 커지고 있는 것을 알 수 있다. 즉, 원소 X' (X'=Ar)를 PtMn 에 첨가하면, 원소 X' (X'=Ar)를 첨가하지 않은 경우에 비하여 큰 교환결합자계를 얻을 수 있다.

다음에 본 발명에서는, 다른 원소 X'를 이용하여, 반강자성층을 Pt-Mn-X' (X'=Mo) 합금으로 형성하고, 원소 X' (X'=Mo) 량과, Pt-Mn-X' (X'=Mo) 합금막의 격자정수와의 관계에 대하여 조사하였다. 실험에 사용한 막구성은 아래와 같고,

Si 기판/알루미늄/Ta(50)/Co₉₀Fe₁₀ (30)/Pt-Mn-X' (300)/Ta(100) 이다. 또한 괄호내의 수치는 막두께를 나타내고 있고, 단위는 옹스트롬이다.

반강자성층의 막형성에는, PtMn 의 타깃에 원소 X' (X'=Mo) 의 칩을 붙인 복합형 타깃을 준비하여, 타깃에 차지하는 칩의 면적비를 변화시키면서, 막중에 차지하는 원소 X' (X'=Mo) 량을 변화시켜, 상기 원소 X' (X'=Mo) 량과 Pt-Mn-X' (X'=Mo) 합금의 격자정수와의 관계에 대하여 측정하였다. 그 실험결과를 도 14 에 나타낸다.

도 14 에 나타낸 바와 같이, Pt 와 Mn 과의 조성비의 비율이 6:4, 1:1, 4:6 의 어느 경우에서도, 막중에 차지하는 원소 X' (X'=Mo) 의 농도가 커질수록, Pt-Mn-X' (X'=Mo) 의 격자정수는 커지는 것을 알 수 있다. 또한 고정자성층을 구성하는 NiFe 합금, CoFe 합금, 또는 Co 의 격자정수는, 도 14 에 나타낸 바와 같이, 약 3.5 ~ 3.6 의 범위이다.

다음에, 상기 실험에서 사용한 Pt-Mn-X' (X'=Mo) 합금막에 대하여, 이하에 기재하는 열처리공정을 실시하였다. 열처리공정에서의 조건으로서,

먼저 3 시간에 걸쳐 승온을 하고, 다음에 240 도의 온도상태를 3 시간 유지하여, 다시, 3 시간에 걸쳐 강온을 하였다. 또한, 열처리진공도를 5×10^{-6} Torr 이하로 하였다.

도 15 는, Pt-Mn-X' (X'=Mo) 합금막의 원소 X' (X'=Mo) 의 농도와, 상기 열처리에 의해, 반강자성층과 고정자성층의 계면에 발생한 교환결합자계의 크기와의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 15 에 나타낸 바와 같이, Pt 와 Mn 과의 조성비의 비율이, 6:4, 1:1, 4:6 의 어느 경우이더라도, 막중의 원소 X' (X'=Mo) 량이 약 3 at% 이상이 되면, 교환결합자계는 서서히 저하되는 것을 알 수 있다. 특히, 막중의 원소 X' (X'=Mo) 량이 약 10 at% 이상이 되면, Pt 와 Mn 과의 조성비의 비율이 1:1 인 경우이더라도, 교환결합자계는 매우 작아져 바람직하지 않다.

그러나, 원소 X' (X'=Mo) 의 적절한 함유량이지만, 적어도, 상기 원소 X' (X'=Mo)를 함유하지 않은 경우, 즉, 원소 X' (X'=Mo) 량이 0 at% 일 때보다도, 교환결합자계가 커지는 것이 바람직하다.

Pt : Mn 의 조성비의 비율이, 6:4 인 경우는, 원소 X' (X'=Mo) 량이, 약 1 at% 이하이면, 원소 X' (X'=Mo) 량이 0 at% 일 때보다도, 교환결합자계가 커진다.

또, Pt : Mn 의 조성비의 비율이, 1:1 인 경우는, 원소 X' (X'=Mo) 량이, 약 7 at% 이하이면, 원소 X' (X'=Mo) 량이 0 at% 일 때보다도, 교환결합자계가 커진다.

또한, Pt : Mn 의 조성비의 비율이, 4:6 인 경우는, 원소 X' (X'=Mo) 량이, 약 10 at% 이하이면, 원소 X' (X'=Mo) 량이 0 at% 일 때보다도, 교환결합자계가 커진다.

다음에, 원소 X' (X'=Mo) 의 적절한 함유량의 하한이지만, Pt:Mn 의 조성비의 비율이, 6:4 인 경우, 원소 X' (X'=Mo) 량이, 약 0.5 at% 가 되면, 교환결합자계가 가장 커지므로, 따라서 본 발명에서는, 원소 X' (X'=Mo) 량이, 0.5 at% 보다도 작은 0.2 at%를 하한으로 설정하였다.

이상의 실험결과로부터 본 발명에서는, 원소 X' 의 조성비의 바람직한 범위를 at% 로 0.2 내지 10 으로 하였다. 또 보다 바람직한 범위를 at% 로 0.5 내지 5 로 하였다.

또한, 상기의 원소 X' 의 바람직한 조성범위는, Pt (=원소X) 와 Mn을 4:6부터 6:4 의 범위내로 설정한 경우이다.

발명의 효과

이상 상술한 본 발명에 의하면, 반강자성층과 강자성층으로 이루어지는 교환결합막에 있어서, 상기 반강자성층을 X-Mn (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느하나의 1 종 또는 1 종 이상의 원소이다) 으로 형성하는 경우, 상기 반강자성층의 조성비를 적절하게 조절하여, 상기 반강자성층과 강자성층 (예를 들면 NiFe 합금) 의 계면구조를 비정합상태로 하고 있으므로, 보다 큰 교환이방성자계를 얻는 것이 가능해지고 있다.

Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다)를, X-Mn 합금막 중에, 침입형, 또는 치환형으로 고용시킴으로써, 상기 반강자성층과 강자성층 (예를 들면 NiFe 합금) 의 계면구조를 비정합상태로 할 수 있어, 보다 큰 교환이방성자계를 얻는 것이 가능해지고 있다.

또, 열처리를 한 단계에서, 상기 반강자성층의 적어도 일부의 결정구조가, L1₀ 형의 면심정방격자 (규칙격자) 로 되어 있고, 또한 상기 반강자성층의 격자정수 (a, c) 의 비 (c/a) 가, 0.93 ~ 0.99 의 범위내인 것이, 보다 큰 교환이방성자계를 얻을 수 있는 점에서 바람직하다.

또한, 계면에서의 상기 반강자성층과 강자성층의 결정배향막이 다른 것이, 계면구조를 비정합상태로 하기 쉬운 점에서 바람직하다.

이상과 같이, 계면구조가 비정합상태로 되어 있는 교환결합막을 자기저항효과소자에 적용함으로써, 상기 자기저항효과소자층의 저항변화율을 높일 수 있어, 재생특성을 향상시키는 것이 가능해지고 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1. 반강자성층과 강자성층이 접하여 형성되고, 열처리가 실시됨으로써, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면에서 교환이방성자계가 발생하여, 상기 강자성층의 자화방향이 일정방향으로 고정되고, 상기 반강자성층은, 적어도 원소 X (단, X 는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느하나의 1 종 또는 1 종 이상의 원소이다) 와 Mn을 함유하는 반강자성재료로 형성되며, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면구조가, 비정합상태에 있는 교환결합막.

청구항 2. 제 1 항에 있어서, 열처리후에서의 상기 반강자성층의 적어도 일부의 결정구조가, L1₀ 형의 면심정방규칙격자로 되는 교환결합막.

청구항 3. 제 1 항에 있어서, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면에서, 상기 반강자성층 및 강자성층의 결정배향이 다른 교환결합막.

청구항 4. 제 1 항에 있어서, 상기 반강자성층은 X-Mn 합금으로 형성되고, 원소 X 는 Pt 인 교환결합막.

청구항 5. 제 1 항에 있어서, 상기 반강자성층은, X-Mn-X' 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 X-Mn-X' 합금은, 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 공간격자의 간극에 원소 X' 가 침입한 침입형고용체이거나, 또는 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 결정격자의 격자점의 일부가, 원소 X' 로 치환된 치환형 고용체인 교환결합막.

청구항 6. 제 1 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 위에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 7. 제 1 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 아래에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 8. 반강자성층과, 이 반강자성층과 접하여 형성되어, 상기 반강자성층과의 교환이방성자계에 의해 자계방향이 고정되는 고정자성층과, 상기 고정자성층에 비자성도전층을 통하여 형성된 프리자성층과, 상기 프리자성층의 자화방향을 상기 고정자성층의 자화방향과 교차하는 방향으로 정렬시키는 바이어스층과, 고정자성층과 비자성도전층과 프리자성층에 검출전류를 부여하는 도전층을 갖고, 상기 반강자성층과 그 반강자성층과 접하여 형성된 고정자성층이, 제 1 항에 기재된 교환결합막에 의해 형성되어 있는 자기저항효과소자.

청구항 9. 제 8 항에 있어서, 상기 프리자성층의 상측 또는 하측에, 트랙폭 (Tw) 의 간격을 두어 반강자성층이 적층되고, 상기 반강자성층과 프리자성층이, 제 1 항에 기재된 교환결합막으로 형성되어 있는 자기저항효과소자.

청구항 10. 프리자성층의 상하에 적층된 비자성도전층과, 일방의 상기 비자성도전층의 위 및 타방의 비자성도전층의 아래에 위치하는 고정자성층과, 일방의 상기 고정자성층의 위 및 타방의 고정자성층의 아래에 위치하여, 교환이방성자계에 의해 각각의 고정자성층의 자화방향을 일정한 방향으로 고정하는 반강자성층과, 상기 프리자성층의 자화방향을 상기 고정자성층의 자화방향과 교차하는 방향으로 정렬시키는 바이어스층을 갖고, 상기 반강자성층과 이 반강자성층과 접하여 형성된 고정자성층이, 제 1 항에 기재된 교환결합막에 의해 형성되어 있는 자기저항효과소자.

청구항 11. 비자성층을 통하여 중첩된 자기저항층과 연자성층을 갖고, 상기 자기저항층의 상측 또는 하측에 트랙폭 (Tw) 의 간격을 두어 반강자성층이 형성되며, 상기 반강자성층과 자기저항층이, 제 1 항에 기재된 교환결합막에 의해 형성되어 있는 자기저항효과소자.

청구항 12. 제 2 항에 있어서, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면에서, 상기 반강자성층 및 강자성층의 결정배향이 다른 교환결합막.

청구항 13. 제 2 항에 있어서, 상기 반강자성층은 X-Mn 합금으로 형성되고, 원소 X 는 Pt 인 교환결합막.

청구항 14. 제 2 항에 있어서, 상기 반강자성층은, X-Mn-X' 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 X-Mn-X' 합금은, 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 공간격자의 간극에 원소 X' 가 침입한 침입형고용체이거나, 또는 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 결정격자의 격자점의 일부가, 원소 X' 로 치환된 치환형 고용체인 교환결합막.

청구항 15. 제 3 항에 있어서, 상기 강자성층의 {111} 면이, 상기 반강자성층과의 계면에 평행인 방향으로 우선 배향되는데 대하여, 상기 반강자성층의 {111} 면의 배향도는, 상기 강자성층의 배향도보다도 작거나, 또는 무배향으로 되어 있는 교환결합막.

청구항 16. 제 3 항에 있어서, 상기 반강자성층의 {111} 면이, 상기 강자성층과의 계면에 평행인 방향으로 우선 배향되는데 대하여, 상기 강자성층의 {111} 면의 배향도는, 상기 반강자성층의 배향도보다도 작거나, 또는 무배향으로 되어 있는 교환결합막.

청구항 17. 제 3 항에 있어서, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면에 평행인 방향으로, 상기 반강자성층의 {111} 면의 배향도, 및 상기 강자성층의 {111} 면의 배향도는 모두 작아져 있거나, 또는 무배향으로 되어 있고, 상기 {111} 면 이외의 결정면이, 계면에 평행인 방향으로 우선배향되어, 반강자성층과 강자성층의 결정 배향이 다른 교환결합막.

청구항 18. 제 3 항에 있어서, 상기 반강자성층은 X-Mn 합금으로 형성되고, 원소 X 는 Pt 인 교환결합막.

청구항 19. 제 3 항에 있어서, 상기 반강자성층은, X-Mn-X' 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 X-Mn-X' 합금은, 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 공간격자의 간극에 원소 X' 가 침입한 침입형 고용체이거나, 또는 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 결정격자의 격자점의 일부가, 원소 X' 로 치환된 치환형 고용체인 교환결합막.

청구항 20. 제 4 항에 있어서, 상기 반강자성층이 PtMn 합금으로 형성되는 경우, 열처리후에서의 상기 반강자성층의 격자정수 (a, c) 의 비 (c/a) 는 0.93 ~ 0.99 의 범위내인 교환결합막.

청구항 21. 제 4 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 위에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 22. 제 4 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 위에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 23. 제 5 항에 있어서, 상기 반강자성층으로 이용되는 X-Mn-X' 합금의 원소 X 는 Pt 인 교환결합막.

청구항 24. 제 5 항에 있어서, 상기 원소 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소인 교환결합막.

청구항 25. 제 5 항에 있어서, 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 X : Mn 은, 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 교환결합막.

청구항 26. 제 5 항에 있어서, 상기 반강자성층이 X-Mn-X' 합금 (단, X 는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 위에 형성되어 있으며, X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 27. 제 5 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn-X' 합금 (단 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있고, X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 28. 제 6 항에 있어서, X-Mn 합금의 X 의 조성비, 또는 X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내인 교환결합막.

청구항 29. 제 7 항에 있어서, X-Mn 합금의 X 의 조성비, 또는 X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내인 교환결합막.

청구항 30. 제 8 항에 있어서, 상기 프리자성층의 상측 또는 하측에, 트랙폭 (Tw) 의 간격을 두어 반강자성층이 적층되고, 상기 반강자성층과 프리자성층이, 제 1 항 내지 제 22 항의 어느 한 항에 기재된 교환결합막으로 형성되어 있는 자기저항효과소자.

청구항 31. 제 8 항에 기재된 자기저항효과소자의 상하에 갭층을 통하여 실드층이 형성되어 있는 박막자기헤드.

청구항 32. 제 9 항에 기재된 자기저항효과소자의 상하에 갭층을 통하여 실드층이 형성되어 있는 박막자기헤드.

청구항 33. 제 10 항에 기재된 자기저항효과소자의 상하에 갭층을 통하여 실드층이 형성되어 있는 박막자기헤드.

청구항 34. 제 11 항에 기재된 자기저항효과소자의 상하에 갭층을 통하여 실드층이 형성되어 있는 박막자기헤드.

청구항 35. 제 12 항에 있어서, 상기 강자성층의 {111} 면이, 상기 반강자성층의 계면에 평행인 방향으로 우선 배향되는데 대하여, 상기 반강자성층의 {111} 면의 배향도는, 상기 강자성층의 배향도보다도 작거나, 또는 무배향으로 되어 있는 교환결합막.

청구항 36. 제 12 항에 있어서, 상기 반강자성층의 {111} 면이, 상기 강자성층의 계면에 평행인 방향으로 우선 배향되는데 대하여, 상기 강자성층의 {111} 면의 배향도는, 상기 반강자성층의 배향도보다도 작거나, 또는 무배향으로 되어 있는 교환결합막.

청구항 37. 제 12 항에 있어서, 상기 반강자성층과 강자성층의 계면에 평행인 방향으로, 상기 반강자성층의 {111} 면의 배향도, 및 상기 강자성층의 {111} 면의 배향도는 모두 작아져 있거나, 또는 무배향으로 되어 있고, 상기 {111} 면 이외의 결정면이, 계면에 평행인 방향으로 우선배향되어, 반강자성층과 강자성층의 결정 배향이 다른 교환결합막.

청구항 38. 제 12 항에 있어서, 상기 반강자성층은 X-Mn 합금으로 형성되고, 원소 X 는 Pt 인 교환결합막.

청구항 39. 제 12 항에 있어서, 상기 반강자성층은, X-Mn-X' 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 X-Mn-X' 합금은, 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 공간격자의 간극에 원소 X' 가 침입한 침입형 고용체이거나, 또는 원소 X 와 Mn 으로 구성되는 결정격자의 격자점의 일부가, 원소 X' 로 치환된 치환형 고용체인 교환결합막.

의 격자점의 일부가, 원소 X' 로 치환된 치환형 고용체인 교환결합막.

청구항 40. 제 13 항에 있어서, 상기 반강자성층이 PtMn 합금으로 형성되어, 열처리후에서의 상기 반강자성층의 격자정수 (a, c) 의 비 (c/a) 는 0.93 ~ 0.99 의 범위내인 교환결합막.

청구항 41. 제 13 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 위에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 42. 제 13 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 아래에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 43. 제 14 항에 있어서, 상기 반강자성층으로 이용되는 X-Mn-X' 합금의 원소 X 는 Pt 인 교환결합막.

청구항 44. 제 14 항에 있어서, 상기 원소 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소인 교환결합막.

청구항 45. 제 14 항에 있어서, 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 X : Mn 은, 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 교환결합막.

청구항 46. 제 14 항에 있어서, 상기 반강자성층이 X-Mn-X' 합금 (단, X 는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 위에 형성되어 있으며, X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 47. 제 14 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn-X' 합금 (단 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있고, X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 48. 제 18 항에 있어서, 상기 반강자성층은 PtMn 합금으로 형성되어, 열처리후에서의 상기 반강자성층의 격자정수 (a, c) 의 비 (c/a) 는 0.93 ~ 0.99 의 범위내인 교환결합막.

청구항 49. 제 18 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 위에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 50. 제 18 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 아래에 형성되어 있으며, X-Mn 합금의 X 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 51. 제 19 항에 있어서, 상기 반강자성층으로 이용되는 X-Mn-X' 합금의 원소 X 는 Pt 인 교환결합막.

청구항 52. 제 19 항에 있어서, 상기 원소 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소인 교환결합막.

청구항 53. 제 19 항에 있어서, 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 X : Mn 은, 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 교환결합막.

청구항 54. 제 19 항에 있어서, 상기 반강자성층이 X-Mn-X' 합금 (단, X 는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 위에 형성되어 있으며, X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 55. 제 19 항에 있어서, 상기 반강자성층이, X-Mn-X' 합금 (단 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있고, X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 56. 제 21 항에 있어서, X-Mn 합금의 X 의 조성비, 또는 X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내인 교환결합막.

청구항 57. 제 22 항에 있어서, X-Mn 합금의 X 의 조성비, 또는 X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내인 교환결합막.

청구항 58. 제 23 항에 있어서, 상기 원소 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소인 교환결합막.

청구항 59. 제 23 항에 있어서, 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 X : Mn 은, 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 교환결합막.

청구항 60. 제 23 항에 있어서, 상기 반강자성층이 X-Mn-X' 합금 (단, X 는 Pt 이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 위에 형성되어 있으며, X-Mn-X' 합금의 X+X' 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 61. 제 23 항에 있어서, 상기 반강자성층이, $X-Mn-X'$ 합금 (단 X 는 Pt 이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있고, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 62. 제 24 항에 있어서, 상기 원소 X' 의 조성비는 at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내인 교환결합막.

청구항 63. 제 26 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내인 교환결합막.

청구항 64. 제 27 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내인 교환결합막.

청구항 65. 제 38 항에 있어서, 상기 반강자성층은 PtMn 합금으로 형성되어, 열처리후에서의 상기 반강자성층의 격자정수 (a , c) 의 비 (c/a) 는 0.93 ~ 0.99 의 범위내인 교환결합막.

청구항 66. 제 38 항에 있어서, 상기 반강자성층이, $X-Mn$ 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 위에 형성되어 있으며, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 67. 제 38 항에 있어서, 상기 반강자성층이, $X-Mn$ 합금 (단 X 는, Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층 아래에 형성되어 있으며, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 68. 제 39 항에 있어서, 상기 반강자성층으로 이용되는 $X-Mn-X'$ 합금의 원소 X 는 Pt 인 교환결합막.

청구항 69. 제 39 항에 있어서, 상기 원소 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소인 교환결합막.

청구항 70. 제 39 항에 있어서, 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 $X : Mn$ 은, 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 교환결합막.

청구항 71. 제 39 항에 있어서, 상기 반강자성층이 $X-Mn-X'$ 합금 (단, X 는 Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os 중 어느 하나의 1 종 또는 2 종 이상의 원소이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 위에 형성되어 있으며, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 72. 제 39 항에 있어서, 상기 반강자성층이, $X-Mn-X'$ 합금 (단 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있고, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 73. 제 41 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내인 교환결합막.

청구항 74. 제 42 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내인 교환결합막.

청구항 75. 제 43 항에 있어서, 상기 원소 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소인 교환결합막.

청구항 76. 제 43 항에 있어서, 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 $X : Mn$ 은, 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 교환결합막.

청구항 77. 제 43 항에 있어서, 상기 반강자성층이 $X-Mn-X'$ 합금 (단, X 는 Pt 이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 위에 형성되어 있으며, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 78. 제 43 항에 있어서, 상기 반강자성층이, $X-Mn-X'$ 합금 (단 X 는 Pt 이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있고, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 79. 제 44 항에 있어서, 상기 원소 X' 의 조성비는 at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내인 교환결합막.

청구항 80. 제 46 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내인 교환결합막.

청구항 81. 제 47 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내인 교환결합막.

청구항 82. 제 49 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내인 교환결합막.

청구항 83. 제 50 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내인 교환결합막.

Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소인 교환결합막.

청구항 85. 제 51 항에 있어서, 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 $X : Mn$ 은, 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 교환결합막.

청구항 86. 제 51 항에 있어서, 상기 반강자성층이 $X-Mn-X'$ 합금 (단, X 는 Pt 이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 위에 형성되어 있으며, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 87. 제 51 항에 있어서, 상기 반강자성층이, $X-Mn-X'$ 합금 (단 X 는 Pt 이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 으로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있고, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 88. 제 52 항에 있어서, 상기 원소 X' 의 조성비는 at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내인 교환결합막.

청구항 89. 제 54 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내인 교환결합막.

청구항 90. 제 55 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내인 교환결합막.

청구항 91. 제 58 항에 있어서, 상기 원소 X' 의 조성비는 at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내인 교환결합막.

청구항 92. 제 66 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내인 교환결합막.

청구항 93. 제 67 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내인 교환결합막.

청구항 94. 제 68 항에 있어서, 상기 원소 X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소인 교환결합막.

청구항 95. 제 68 항에 있어서, 원소 X 와 Mn 과의 조성비의 비율 $X : Mn$ 은, 4:6 ~ 6:4 의 범위내인 교환결합막.

청구항 96. 제 68 항에 있어서, 상기 반강자성층이 $X-Mn-X'$ 합금 (단, X 는 Pt 이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 위에 형성되어 있으며, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 47 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 97. 제 68 항에 있어서, 상기 반강자성층이, $X-Mn-X'$ 합금 (단 X 는 Pt 이고, X' 는, Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb, 및 희토류원소 중 1 종 또는 2 종 이상의 원소이다) 로 형성되고, 상기 반강자성층이 강자성층의 아래에 형성되어 있고, $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 44 ~ 57 의 범위내인 교환결합막.

청구항 98. 제 69 항에 있어서, 상기 원소 X' 의 조성비는 at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내인 교환결합막.

청구항 99. 제 71 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 50 ~ 56 의 범위내인 교환결합막.

청구항 100. 제 72 항에 있어서, $X-Mn$ 합금의 X 의 조성비, 또는 $X-Mn-X'$ 합금의 $X+X'$ 의 조성비는 at% 로 46 ~ 55 의 범위내인 교환결합막.

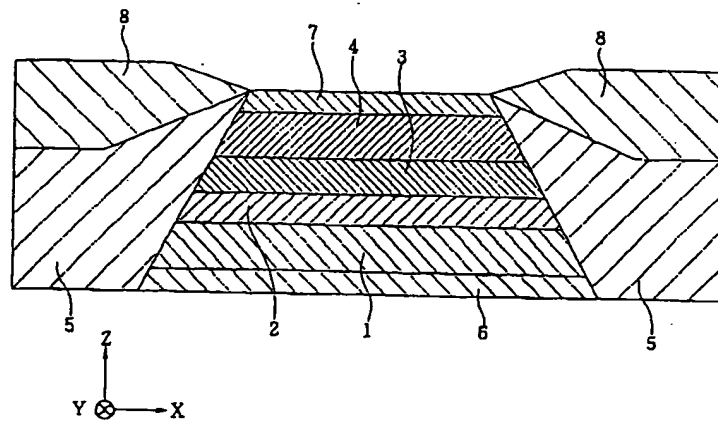
청구항 101. 제 75 항에 있어서, 상기 원소 X' 의 조성비는 at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내인 교환결합막.

청구항 102. 제 84 항에 있어서, 상기 원소 X' 의 조성비는 at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내인 교환결합막.

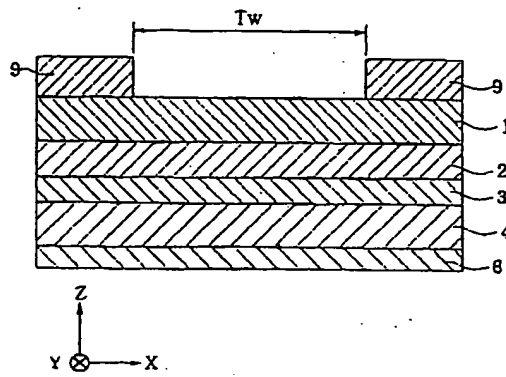
청구항 103. 제 94 항에 있어서, 상기 원소 X' 의 조성비는 at% 로 0.2 ~ 10 의 범위내인 교환결합막.

도면

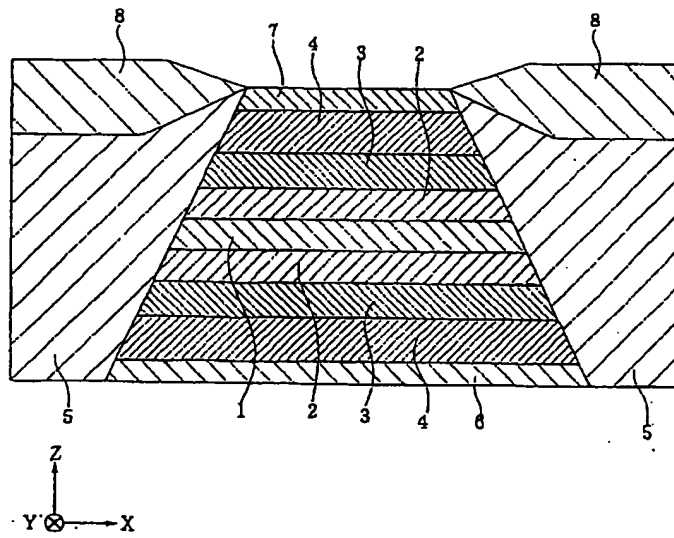
도면1



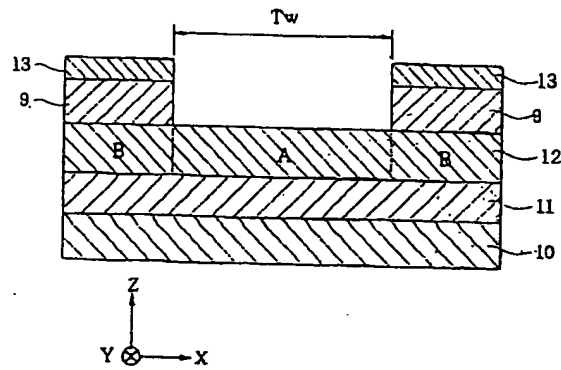
도면2



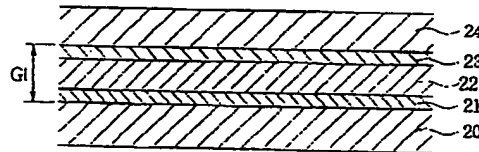
도면3



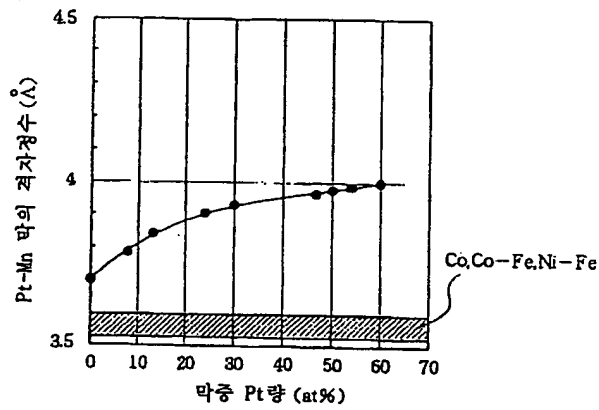
도면4



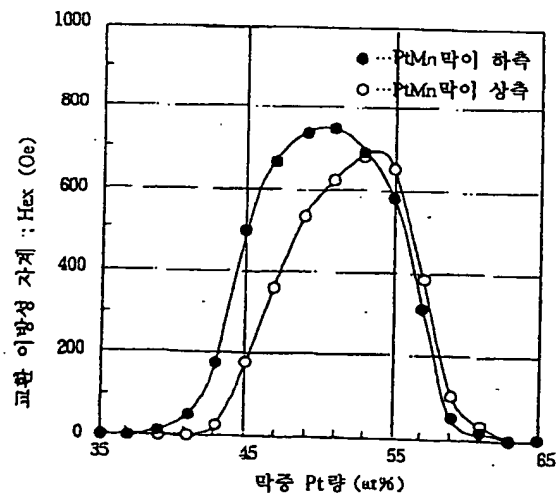
도면5



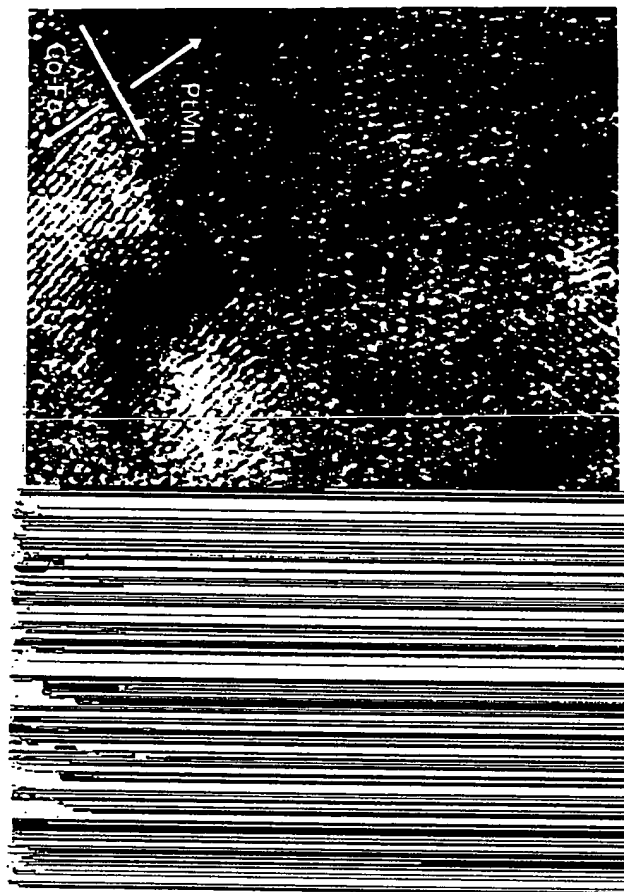
도면6



도면7



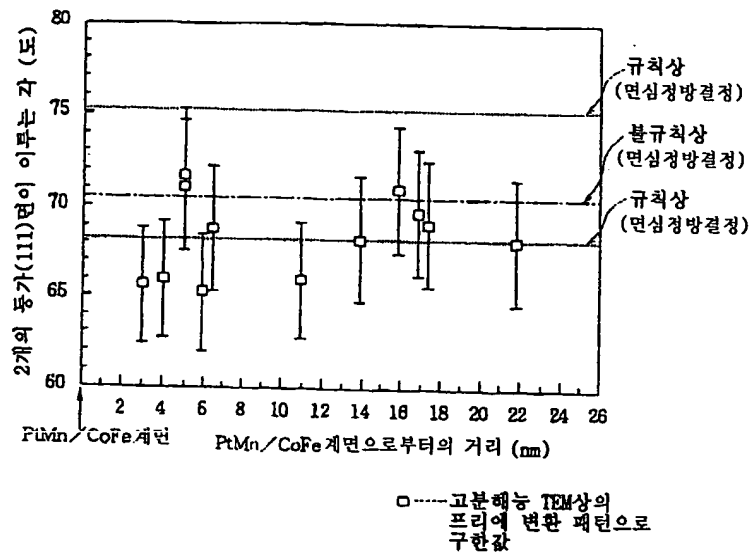
도면8



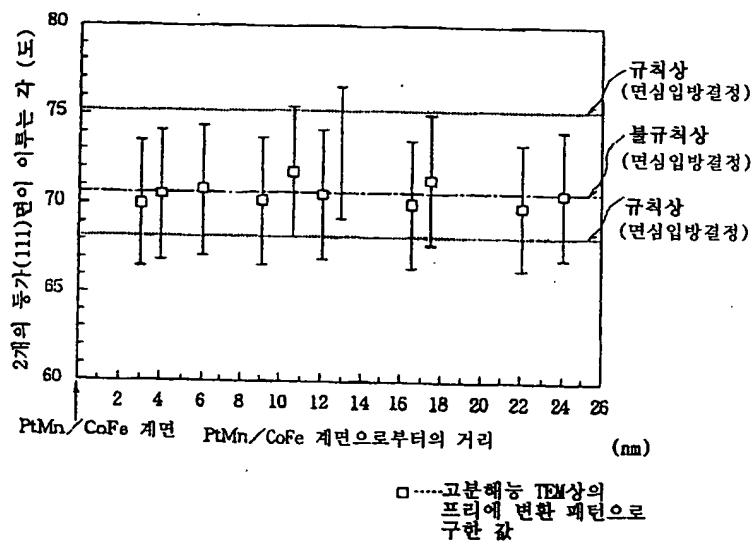
도면9



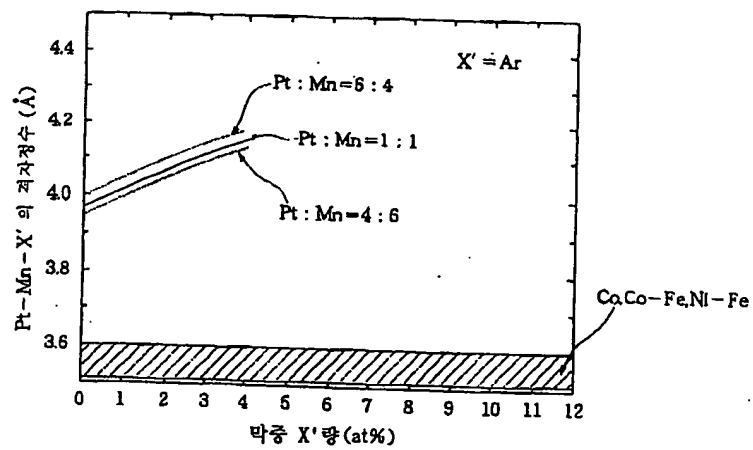
도면10



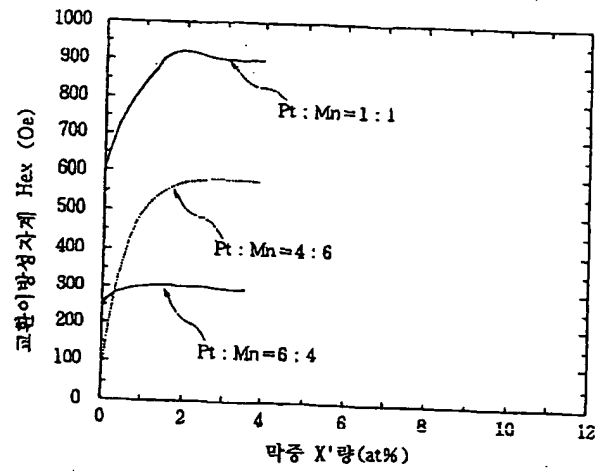
도면11



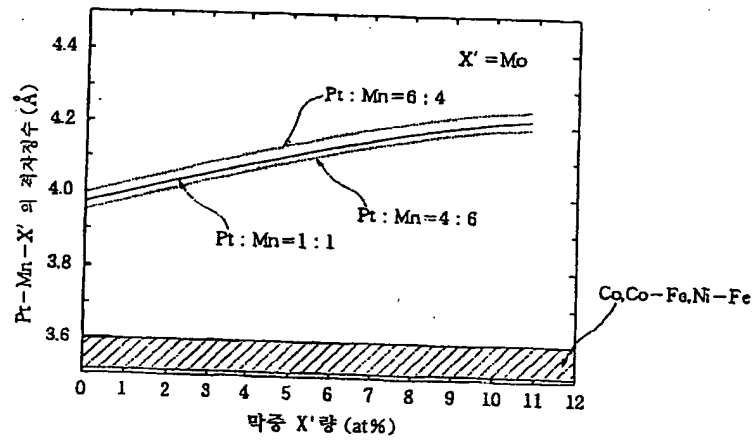
도면12



도면13



도면14



도면15

